



LA AVENTURA DE LA EXPLORACION DE MARTE

Luis Vázquez Martínez
Departamento de Matemática Aplicada
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid / 28040-Madrid

lvazquez@fdi.ucm.es
www.fdi.ucm.es/profesor/lvazquez
www.meiga-metnet.org

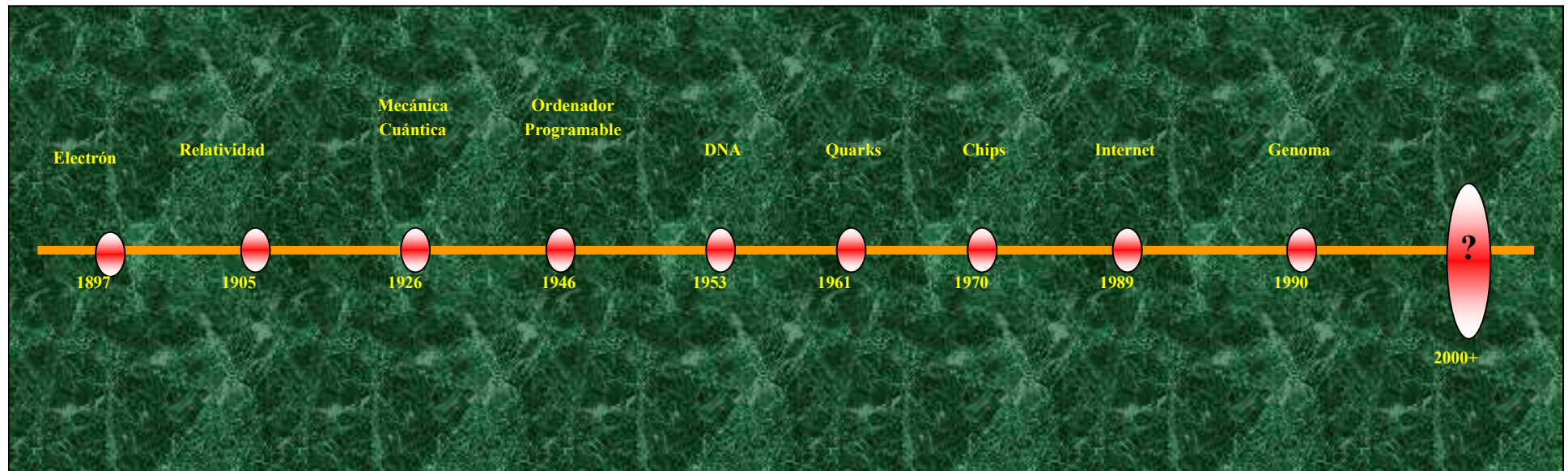
Facultad de Informática - UCM
Madrid, 18 abril 2013

Resumen

- 1. Exploración de Marte. Aspectos Generales de Marte.**
- 2. Principales Descubrimientos de la Exploración de Marte.**
- 3. Misiones a Marte.**
- 4. Entorno de Estudios Marcianos en la Universidad Complutense de Madrid.**
- 5. Referencia de Futuro.**
- 6. Ejemplos Básicos de Estudio y Modelización:**
 - Radiación Solar Ultravioleta en la Superficie Marciana.**
 - Capa Límite de Marte.**
 - Eclipses de Fobos.**

1. Exploración de Marte

Aspectos Generales de Marte.



**"La Investigación Básica es lo que hago
cuando no conozco lo que estoy haciendo"
Werner Von Braun (Investigador Aplicado)**

Exploración de Marte

Parte de un objetivo científico de largo alcance para entender la formación e historia del Sistema Solar.

Comunidad Científica Internacional:

-Colaboración de científicos e ingenieros. Arrastre científico y tecnológico

Buscar evidencias de la existencia de agua y de condiciones apropiadas para la vida en el pasado y presente en Marte.

Misión *Viking* (1976).

Meteorito Marciano ALH 84001 (1984,1996).

Misión *Mer: Spirit y Opportunity* (2004-?).

Misión *Phoenix* (2008)

Misión *MSL-Curiosity* (2012- ?)

Programa de Exploración de Marte

Creación del ***International Mars Exploration Working Group (IMEWG)*** en Wiesbaden (Alemania, Mayo 1993).

Mars Exploration Program (MEP) de la NASA.

Los fines y objetivos de la exploración se actualizan cada dos años.

En 2003 se fijaron cuatro fines fundamentales para la exploración de Marte:

- Posibles evidencias de vida pasada y presente en Marte
- Entender los procesos y la historia del clima de Marte
- Determinar la evolución de la superficie y el interior de Marte
- Preparación para la exploración humana de Marte

Desarrollo de las capacidades básicas:

- Acceso a todas las zonas de Marte
- Acceso al subsuelo de Marte
- Acceso a los fenómenos que varían con el tiempo
- Acceso a las escalas microscópicas

LA VIDA

METABOLISMO: Conversión de Energía.

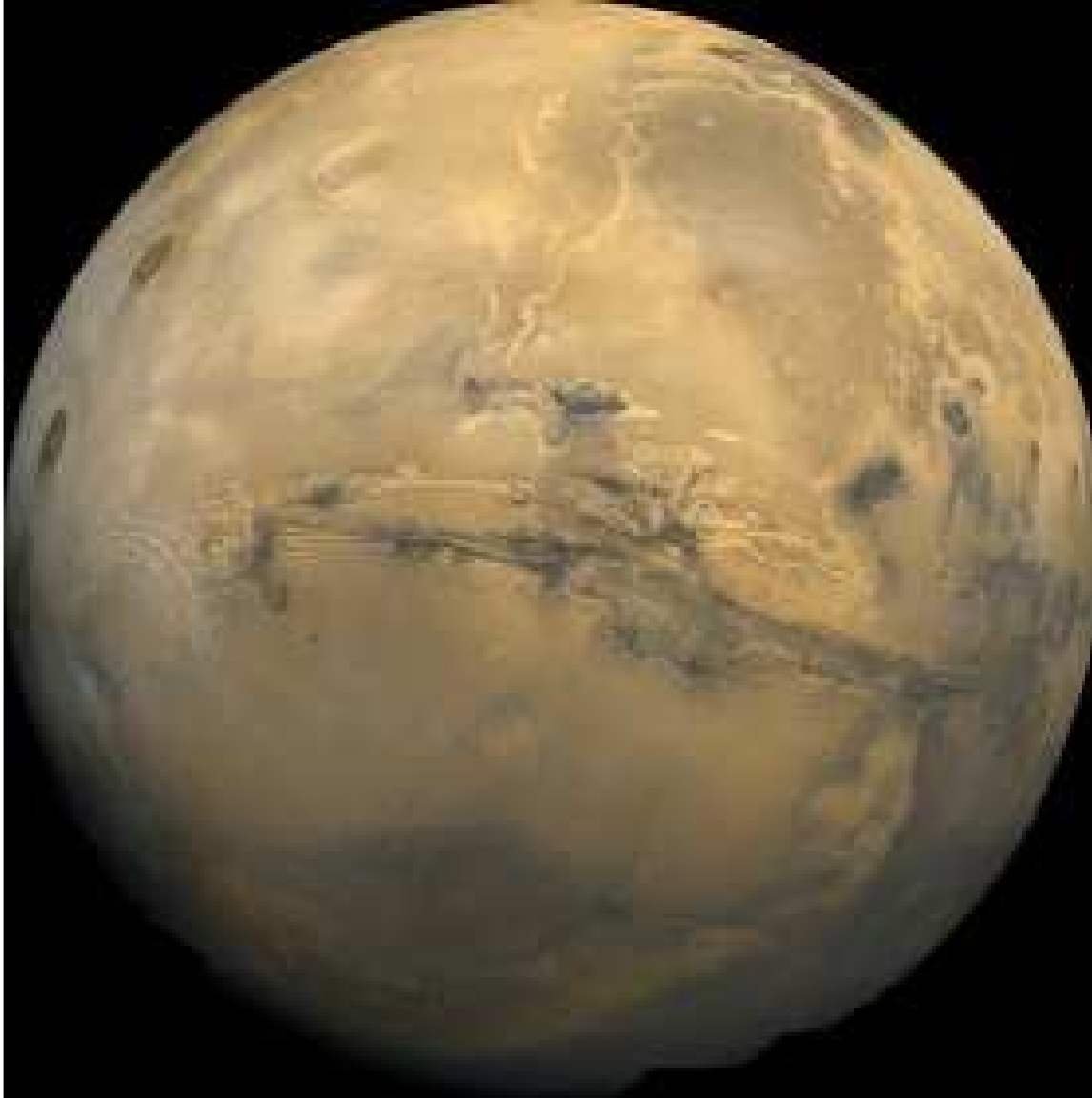
REPRODUCCION: Sistema de autorreplicación.

INFORMACION: Transmisión y procesado de la Información. Generar “Orden” a costa de la Energía.

EVOLUCION: Adaptación. Simbiosis. Parasitismo. Interacción con el Medio.

SE NECESITAN:

- (1) Elementos “Estructurales”: C,H,N,O,S,P,Fe,...
- (2) Energía, Agua.
- (3) Zonas Habitables.



MARTE

EL GRAN OBJETIVO DE LA EXPLORACION PLANETARIA

Galileo Galilei fue el primero que observó Marte con su primitivo telescopio en 1609. Mediante el telescopio fue posible observar la duración de un día, la existencia de estaciones en ambos hemisferios, la presencia de casquetes polares, así como de gigantescas tormentas de polvo en la superficie.

Comparación Tierra - Marte

Masa (Tierra = 1): 0.107

Radio Ecuatorial (Tierra = 1): 0.532

Densidad Media (g/cm^3 , Tierra = 1): 0.72

Volumen (Tierra = 1): 0.15

Gravedad (Tierra = 1): 0.38

Velocidad de Escape (Tierra = 11.17 km/s): 5.03 km/s

Día Marciano: 24 h 37 ' 22''

Año Marciano: 687 días terrestres (23 meses terrestres)

Satélites Marcianos: Fobos y Deimos

Estaciones Marcianas: Sí

Hemisferio Sur: Muchos cráteres

Hemisferio Norte: Llanuras



Atmósfera de Marte - I

Gas	Abundancia
CO ₂	95.32% (Variable)
N ₂	2.7 %
Ar	1.6 %
O ₂	0.13 %
CO	0.07 %
H ₂ O	0.03 %(Variable)
Ne	0.00025 %
Kr	0.00003 %
Xe	0.000008 %
O ₃	0.000003 %(Variable)

- Ciclo del CO₂
- Ciclo del H₂O
- Ciclo del polvo
- Radiación

Atmósfera de Marte - II



- Presión atmosférica en la superficie: 6,35 mbar (0,7% la de la Tierra). Similar a la presión de la atmósfera de la Tierra entre 28 y 40 Km.
- La atmósfera es en extremo oxidante, dando a Marte su color rojo característico.
- Por ser la atmósfera tan tenue, puede existir una diferencia de temperatura de hasta 15°C entre el suelo y 1 m de altura.
- Son frecuentes las tormentas de polvo a gran escala.

Superficie y Estructura Interna

Hemisferio Norte es llano y mas bajo (6 km) que el Hemisferio Sur caracterizado por la presencia de muchos cráteres.

Cráter de impacto Hellas Basin de 2300 km de diámetro y 9 km de profundidad.

Gran cañón de Valles Marineris de hasta 10 km de profundidad, 100 km de ancho y 4000 km de largo.

Olympos Mons con sus 25 km Sobre el nivel medio de Marte constituye el volcán más alto que se conoce en el Sistema Solar.

Casquetes polares

Ciclo del agua, CO₂ y polvo.

Vientos y tormentas de polvo.

2. Principales Descubrimientos de la Exploración de Marte

***PRINCIPALES DESCUBRIMIENTOS DEL
PROGRAMA DE EXPLORACIÓN DE MARTE
(MEPAG: Mars Exploration Program Analysis Group)***

<http://mepag.jpl.nasa.gov/science/index.html>

- 1. EXISTENCIA DE AGUA LIQUIDA DURANTE LARGOS PERIODOS EN LA ANTIGUA SUPERFICIE MARCIANA.**
- 2. GEOLOGIA COMPLEJA DE LA SUPERFICIE.**
- 3. EXISTENCIA DE AGUA EN LA ACTUALIDAD.**
- 4. CAMBIO CLIMATICO RECIENTE.**
- 5. MAGNETISMO PLANETARIO.**
- 6. CLIMA Y METEOROLOGIA.**
- 7. PROCESOS MODERNOS.**
- 8. METANO.**
- 9. GRAVEDAD Y TOPOGRAFIA.**
- 10. ENTORNO DE RADIACION.**

1. EXISTENCIA DE AGUA LIQUIDA DURANTE LARGOS PERIODOS EN LA ANTIGUA SUPERFICIE MARCIANA.

- Este hecho aumenta la probabilidad que la vida o una forma de primaria de vida se haya desarrollado en Marte durante su historia temprana.
- Referencias:
 - S.W. Squyres et al. *Science* 306, 1698-1703 (2004) and *Science* 313, 1403-1407 (2006).
 - J. Grotzinger et al. *Geology*, 34, 1085-1088 (2006).
 - S.C. Schon et al. *Geology* 37, 207-210 (2009).

2. GEOLOGIA COMPLEJA DE LA SUPERFICIE.

- La superficie Marciana es muy variada desde el punto de vista geológico. Por otra parte, su evolución determina si la vida ha podido desarrollarse y evolucionar en Marte.
- Referencias:
 - S.W. Squyres et al. *Science* 320, 1063-1067 (2008).
 - R.E. Milliken et al. *Geology* 36 (11), 847-850 (2008).
 - J.M. Mustard et al. *Nature* 354, 305-309 (2008).

3. EXISTENCIA DE AGUA EN LA ACTUALIDAD

- Se han descubierto:
 - Depósitos de hielo cerca de la superficie.
 - Agua en glaciares de latitud media y en los dos casquetes polares.
 - Ciclo activo de agua que incluye hielo y nieve.
 - La existencia de torrenteras (gullies) sugiere episodios recientes de formación debidas al agua.
- *Implicación: Marte no es un mundo estático y árido ya que ha sido configurado por el agua. Si la vida se desarrolló, podemos concebir que todavía sobreviva.*
- Referencias:
 - I. Mitrofanov et al. *Science* 297 (5578), 78 (2002).
 - P.H. Smith et al. *Science* 325, 58-61 (2009).
 - J.Holt et al. *Science* 322(5905), 1235-1238 (2008).
 - M.C. Malin et al. *Science* 314, 1573 (2006).

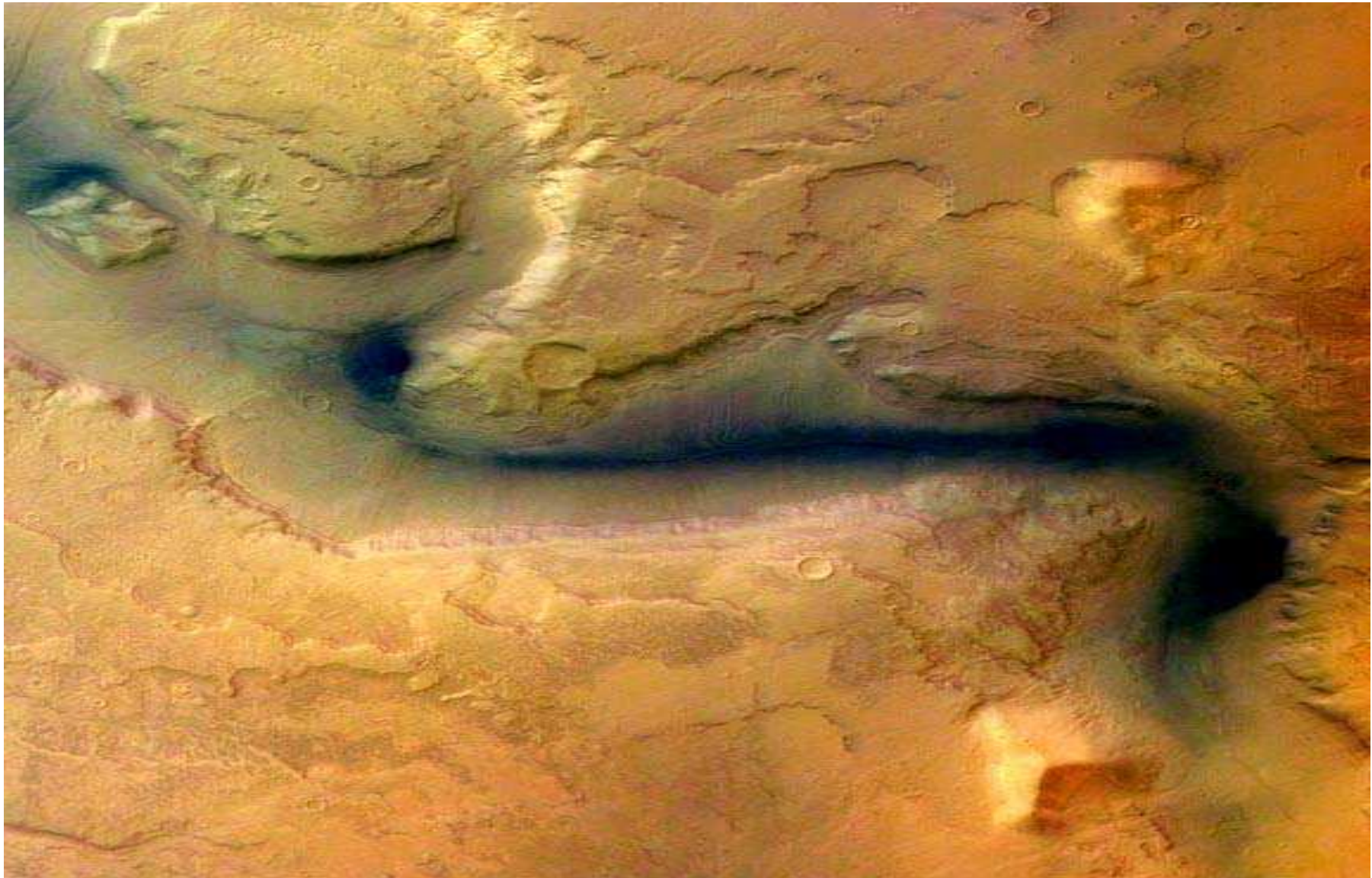


Imagen de Reull Vallis obtenida por HRSC (Mars Express, 15/1/2004)

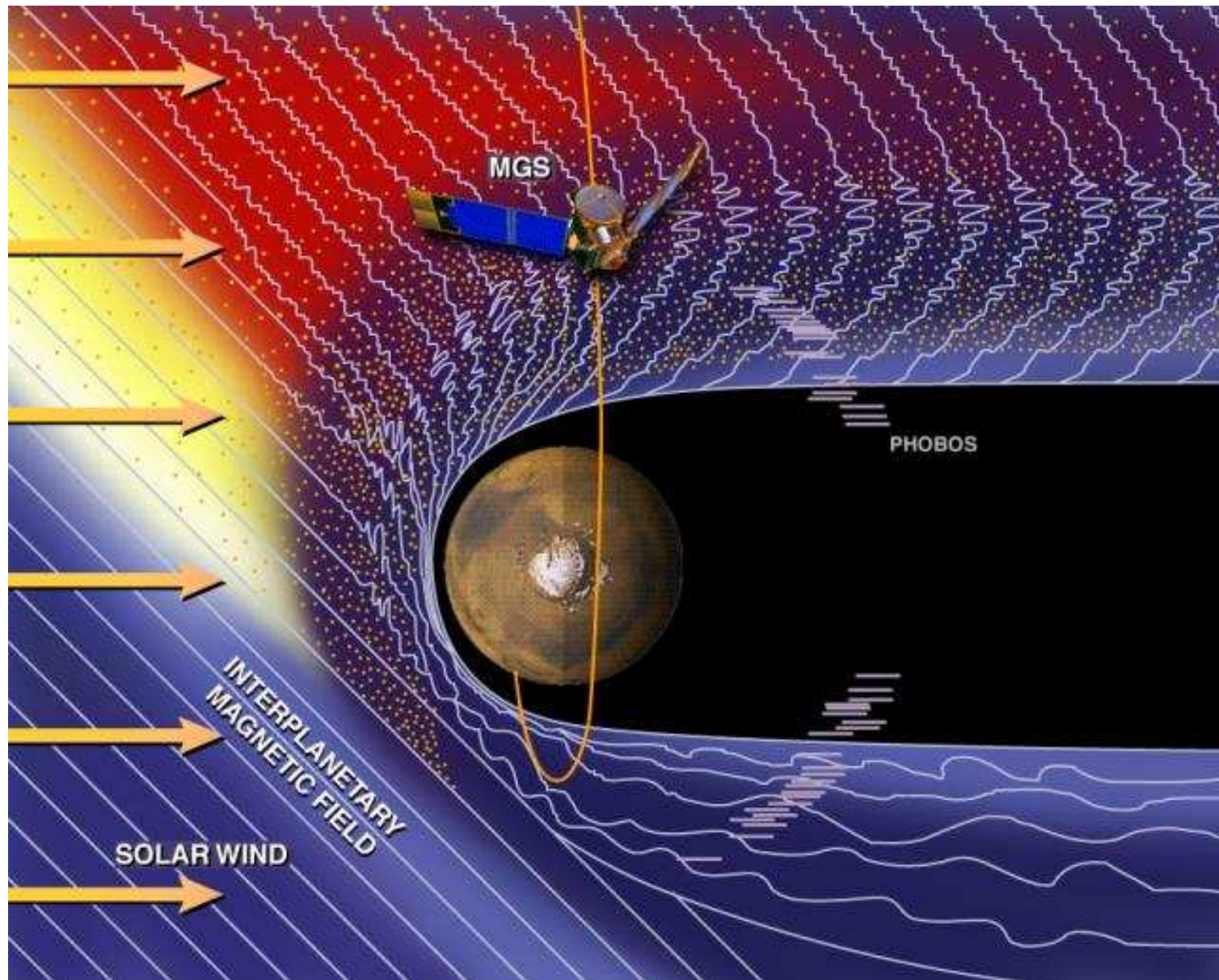
4. CAMBIO CLIMATICO RECIENTE.

- Se acumulan las evidencias de que Marte experimenta cambios climáticos periódicos muy dramáticos y que ahora parece estar en un proceso de calentamiento.
- Los cambios parecen debidos a grandes oscilaciones en la órbita de Marte y fluctuaciones de su eje de rotación.
- Los mecanismos del cambio climático global de Marte permitirán dar luz sobre el cambio en la Tierra.
- Referencias:
 - J.A. Laskar et al. *Nature* 419, 375-377 (2002); *Icarus* 170, 343-364 (2004).
 - J.W. Head et al. *PNAS* 105 (36) 13258-13263 (2008).
 - K.W. Lewis et al. *Science* 322, 1532 (2008).

5. MAGNETISMO PLANETARIO.

- La misión MGS (Mars Global Surveyor) descubrió y cartografió una magnetización intensa en la corteza de Marte. Los datos indican que Marte tuvo un campo magnético global generado por una dinamo que se detuvo.
- El campo magnético protegía la superficie del viento solar, permitiendo que la atmósfera y el agua fueran retenidas. Su ausencia generó la transición de un planeta húmedo al árido actual de acuerdo con los datos geológicos.
- Referencias:
 - M.H. Acuña et al. *Science* 284, 790-793 (1999).
 - J.H. Roberts et al. *J. Geophys. Res.* 114, E04009 (2009).

Campo Magnético en Marte



6. CLIMA Y METEOROLOGIA

- Las observaciones proporcionan una imagen de la meteorología y la dinámica de la atmósfera. *El polvo es un elemento clave de la meteorología marciana.*
- Grandes diferencias de temperaturas → vientos (torbellinos) a todas las escalas → polvo en la atmósfera.
- *Marte: cielos rojos y puestas de sol azules. Tierra: cielos azules y puestas de sol rojas.*
- Referencias:
 - P.B. James et al. *Adv. Space Res.* 29 (2), 121-129 (2002).
 - N.T. Bridges et al. *Geophys.. Res. Lett.* 34, L23205 (2007).
 - M.D. Smith “Spacecraft observations of the martian atmosphere” *Annu. Rev. Earth. Planet Sci.* 36, 191-219 (2008).

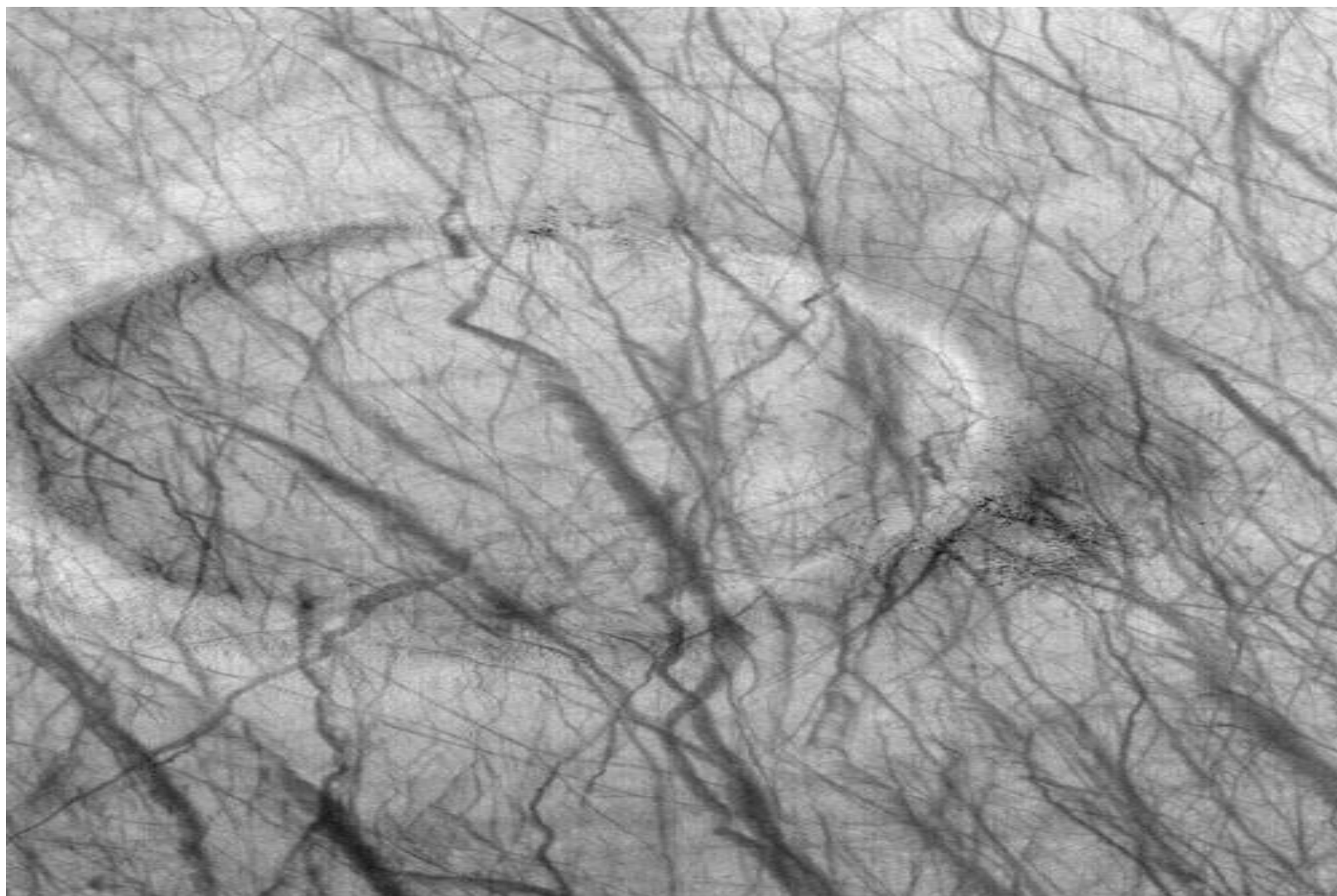


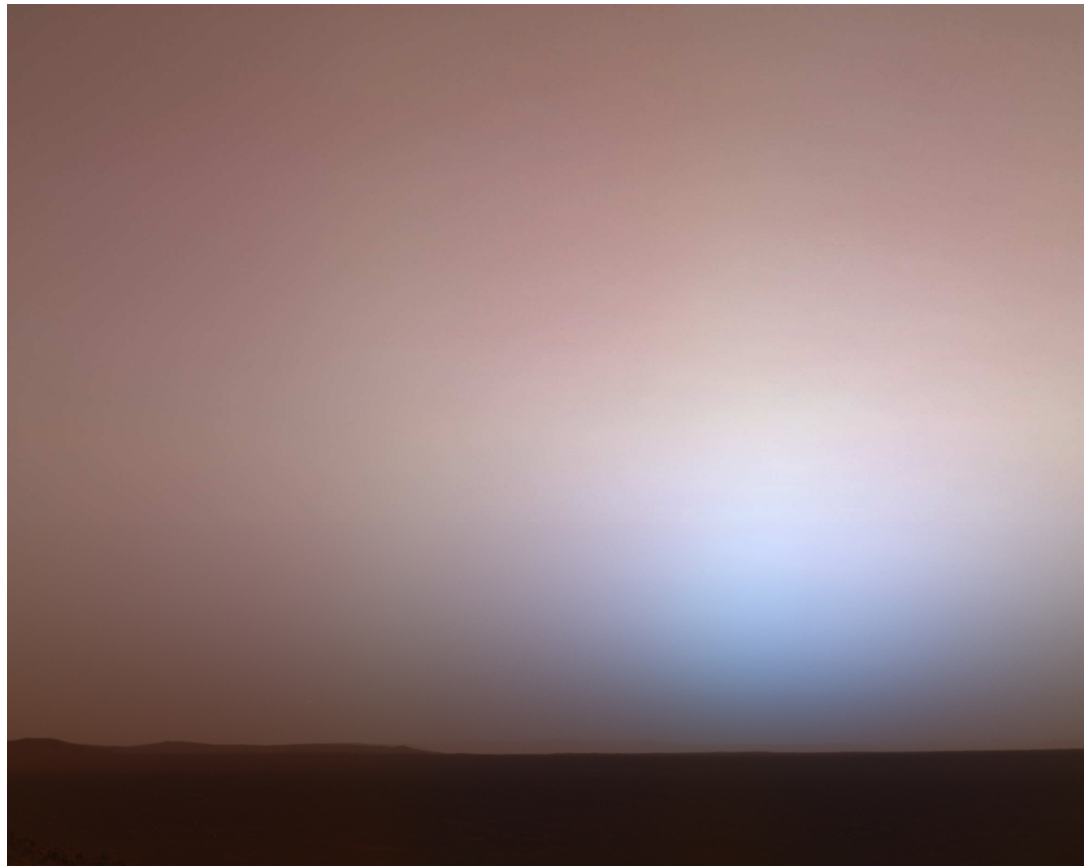


Imagen obtenida por MER-Spirit

PUESTA DE SOL EN MARTE

Cráter Gusev (Marte): Crepúsculo a las 18.20 del día
marciano 464 de Spirit (23 Abril 2005)

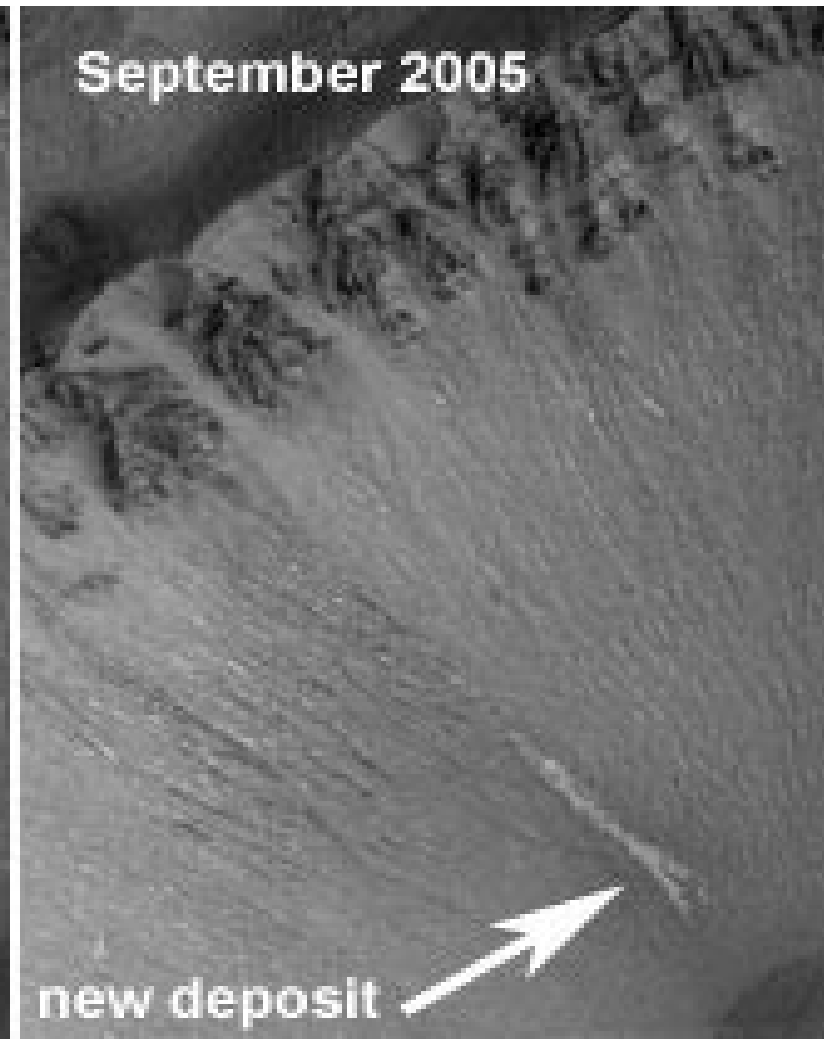
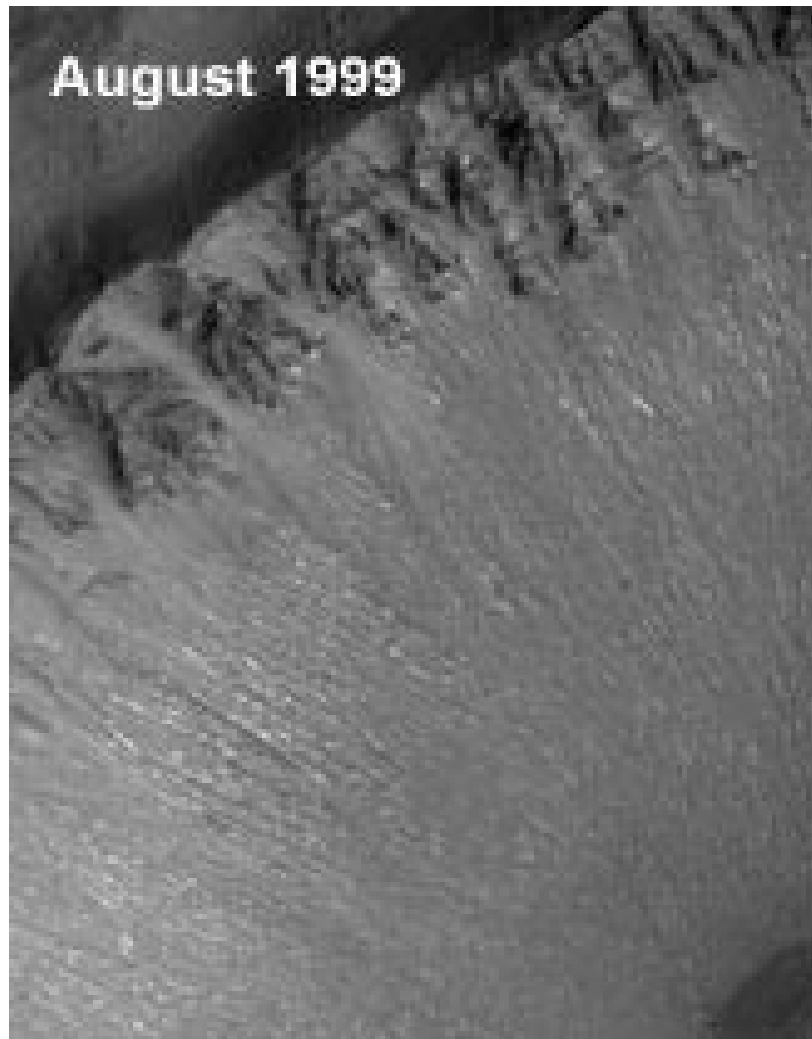
Distribución de polvo en la atmósfera marciana



7. PROCESOS ACTUALES

- La obtención sistemática de imágenes durante tres años marcianos ha proporcionado datos sobre las velocidades de los diferentes procesos en la superficie de Marte. Se está comenzando a entender dicha evolución de Marte.
- Referencias:
 - M.C. Malin et al. *Science* 317, 1573 (2006).
 - P. Russell et al. *Geophys. Res. Lett.* 35, L23204 (2008).
 - J.D. Pelletier et al. *Geology* 36 (3), 211-214 (2008).

MARS GLOBAL SURVEYOR



8. METANO.

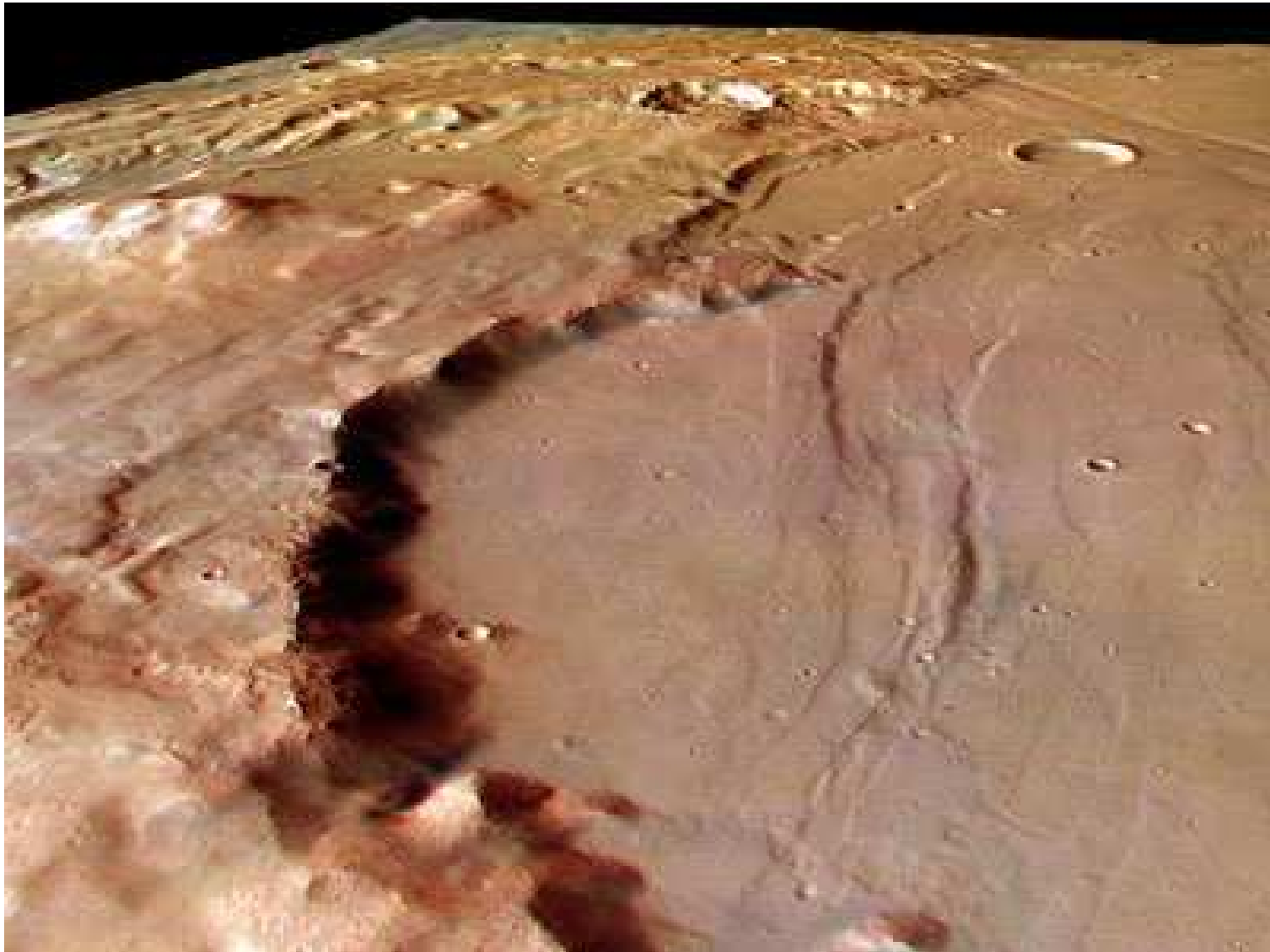
- Se ha detectado metano en la atmósfera de Marte. Aparece producido en regiones específicas de la superficie y ha sido confirmado por observaciones repetidas.
- Debe ser producido por un proceso activo geológico o biológico. Se produce en tiempo real.
- Inestable en la atmósfera debido a la destrucción por la radiación ultravioleta
- Referencias:
 - V. Formisano et al. *Science* 306, 1758-1761 (2004).
 - M. Mumma et al. *Science* 323, 1041-1045 (2009).
 - F. Lefevre et al. *Nature* 460, 720 (2009).

9. GRAVEDAD Y TOPOGRAFIA

- Se ha obtenido un mapa de gran resolución de la topografía global de Marte y del campo gravitatorio.
- Determinación remota de la estructura interna y de ciertos aspectos de la evolución. Las variaciones del campo gravitatorio afecta a las orbitas de los diferentes satélites.
- Una de los importantes enigmas es la asimetría entre los dos hemisferios: Hemisferio Norte es llano y mas bajo (6 km) que el Hemisferio Sur caracterizado por la presencia de muchos cráteres.
- References:
 - M.T. Zuber et al. *J. Geophys. Res.* 112, E05S07 (2007).
 - F. Nimmo et al. *Nature* 453, 1220-1223 (2008).
 - S. Zhong, *Nature Geoscience* 2(1), 19 (2009).



Foto de Marte obtenida por el Mariner 4



Superficie de Marte (ESA)



10. *ENTORNO DE RADIACION.*

- La radiación en la superficie de Marte es unas 2.5 veces (Mars Odyssey) la radiación en la Estación Espacial Internacional. Relevante para la posible vida en la superficie de Marte y para las misiones tripuladas.
- Radiación: Electromagnética + Solar (intermitente: protones de baja energía) + Rayos Cósmicos Galácticos (extrasolares; continuos; núcleos atómicos muy energéticos que afectan al DNA).
- Referencias:
 - C. Zeitlin et al. *Adv. Space Res.* 33, 2204-2210 (2004).
 - D. M. Hassler et al. *40th Lunar and Planetary Science Conference*, March 23-27 (2009). The Woodlands TX.
 - L. Vázquez et al. *Optics Letters* 31(10), 1420-1422(2006); 32(17) 2596-2598 (2007). *Inverse Problems* 25, 115023 (2009). REMS-MSL.

3. Misiones a Marte

Misiones a Marte

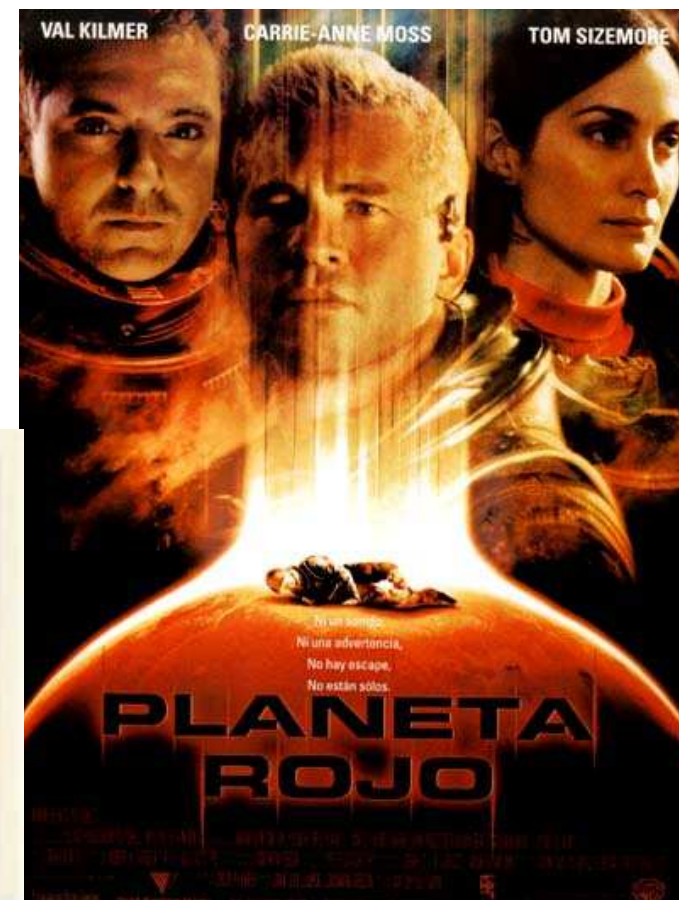
	PAÍS	LANZAMIENTO	RESULTADO(S)
Marsnik-1	URSS	10 Octubre 1960	Explosionó antes de alcanzar la órbita terrestre
Marsnik-2	URSS	14 Octubre 1960	Explosionó antes de alcanzar la órbita terrestre
Sputnik 29	URSS	24 Octubre 1962	Explosionó en la órbita terrestre
Mars 1	URSS	1 Noviembre 1962	Pasó a 200000 Km. de Marte
Sputnik 31	URSS	4 Noviembre 1962	Fallo en la órbita terrestre
Zond 1	URSS	4 Junio 1964	Fallo antes de alcanzar la órbita terrestre
Mariner 3	USA	5 Noviembre 1964	Entró en una órbita alrededor del Sol
Mariner 4	USA	28 Noviembre 1964	Primeras fotos de Marte (21)
Zond 2	URSS	30 Noviembre 1964	Fallo en las comunicaciones
Zond 3	URSS	18 Julio 1965	Destruído en la órbita terrestre
Mariner 6	USA	24 Febrero 1969	Fotos de Marte. Pasó el planeta a 3215 Km.
Mariner 7	USA	27 Marzo 1969	Fotos de Marte. Pasó el planeta a 3516 Km.
Mars 1969A	URSS	27 Marzo 1969	Fallo en el lanzamiento
Mars 1969B	URSS	2 Abril 1969	Fallo en el lanzamiento
Mariner 8	USA	8 Mayo 1971	Fallo en el lanzamiento
Cosmos 419	URSS	10 Mayo 1971	Fallo en el lanzamiento

Mars 2	URSS	19 Mayo 1971	Segundo satélite artificial de Marte. Modulo de superficie destruido
Mars 3	URSS	28 Mayo 1971	Tercer satélite artificial de Marte. Modulo de superficie amartizó y emitió señales durante 20 segundos
Mariner 9	USA	30 Mayo 1971	Primer satélite artificial de Marte (7329 Fotos)
Mars 4	URSS	21 Julio 1973	Pasó a 9846 Km. de Marte
Mars 5	URSS	25 Julio 1973	Operativo durante 9 días en órbita Marciana. (60 Fotos)
Mars 6	URSS	5 Agosto 1973	El módulo de superficie envió datos durante el descenso pero se estrelló
Mars 7	URSS	9 Agosto 1973	El módulo de superficie pasó a 1500 Km de Marte
Viking 1	USA	20 Agosto 1975	Primeras medidas en la superficie. Operativo durante varios años
Viking 2	USA	9 Septiembre 1975	Segundo módulo de superficie con éxito. Operativo durante varios años
Phobos 1	URSS	7 Julio 1988	Fallo de las comunicaciones en el camino a Marte
Probos 2	URSS	12 Julio 1988	Contacto perdido durante la obtención de fotos del satélite Phobos
Mars Observer	USA	25 Septiembre 1992	Contacto perdido en el camino a Marte

Mars Global Surveyor	USA	7 Noviembre 1996	Continúa en funcionamiento
Mars-96	Rusia	16 Noviembre 1996	Falló al dejar la órbita terrestre
Mars Pathfinder	USA	4 Diciembre 1996	Primer vehículo robot que aterriza. Más de 16000 fotos enviadas
Nozomi	Japón	4 Julio 1998	Falló antes de entrar en órbita Marciana
Mars Climate Orbiter	USA	11 Diciembre 1998	Perdido antes de entrar en la órbita Marciana (23 Septiembre 1999)
Mars Polar Lander	USA	3 Enero 1999	Perdido en la operación de amortizaje
Mars Odyssey	USA	7 Abril 2001	Continúa en funcionamiento
Mars Express	ESA	2 Junio 2003	Módulo orbital en funcionamiento; Módulo de superficie (Beagle 2) perdido.
Mars Exploration Rover : Spirit	USA	10 Junio 2003	En funcionamiento
Mars Exploration Rover : Opportunity	USA	7 Julio 2003	En funcionamiento

Mars Reconnaissance Orbiter	USA	12 Agosto 2005	En Funcionamiento
Phoenix	USA	4 Agosto 2007	Ha Funcionado lo previsto
Mars Science Laboratory	USA	26 Noviembre 2011	En Funcionamiento
Phobos Grunt	Rusia	8 Noviembre 2011	Fallo Orbita en Tierra

Total 42 misiones : con éxito 18



INSTRUMENTACION

ENTORNO TERRESTRE

Efecto Protector de la Atmósfera y
Magnetosfera

MISION PLANETARIA

Efectos ausentes o muy débiles
Radiación Electromagnética (Sol)
Radiación Cósmica
Alto Vacío
Ausencia de Vapor de Agua
Microgravedad
Entorno “limpio”: ventajoso para
instrumentos ópticos
Efectos de Cargas en diferentes
fases.

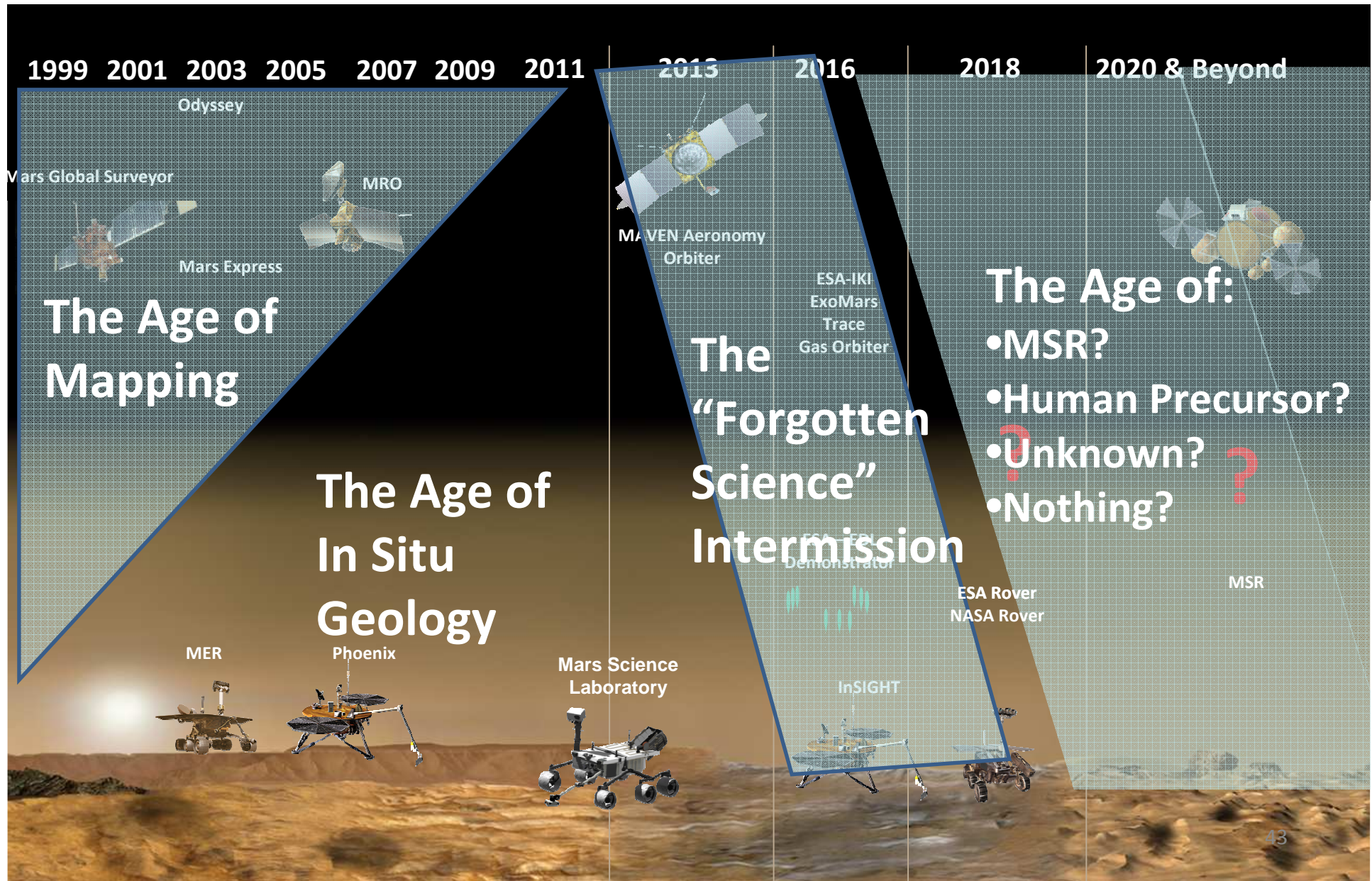
INSTRUMENTOS ESPACIALES: RADIACION

- Efectos que degradan y dañan los componentes electrónicos o pueden causar un comportamiento anormal.
- Partículas de energía alta: errores en bits (Single Event Upset, SEU)
- Efecto “Cerrado de Golpe” (Latch Up): Una partícula pesada puede generar una corriente anormal en los semiconductores y destruir el componente si la corriente no está limitada.
- Dosis acumulativa de radiación cambia gradualmente las propiedades de los componentes electrónicos y se generan distorsiones de las señales de los sensores.



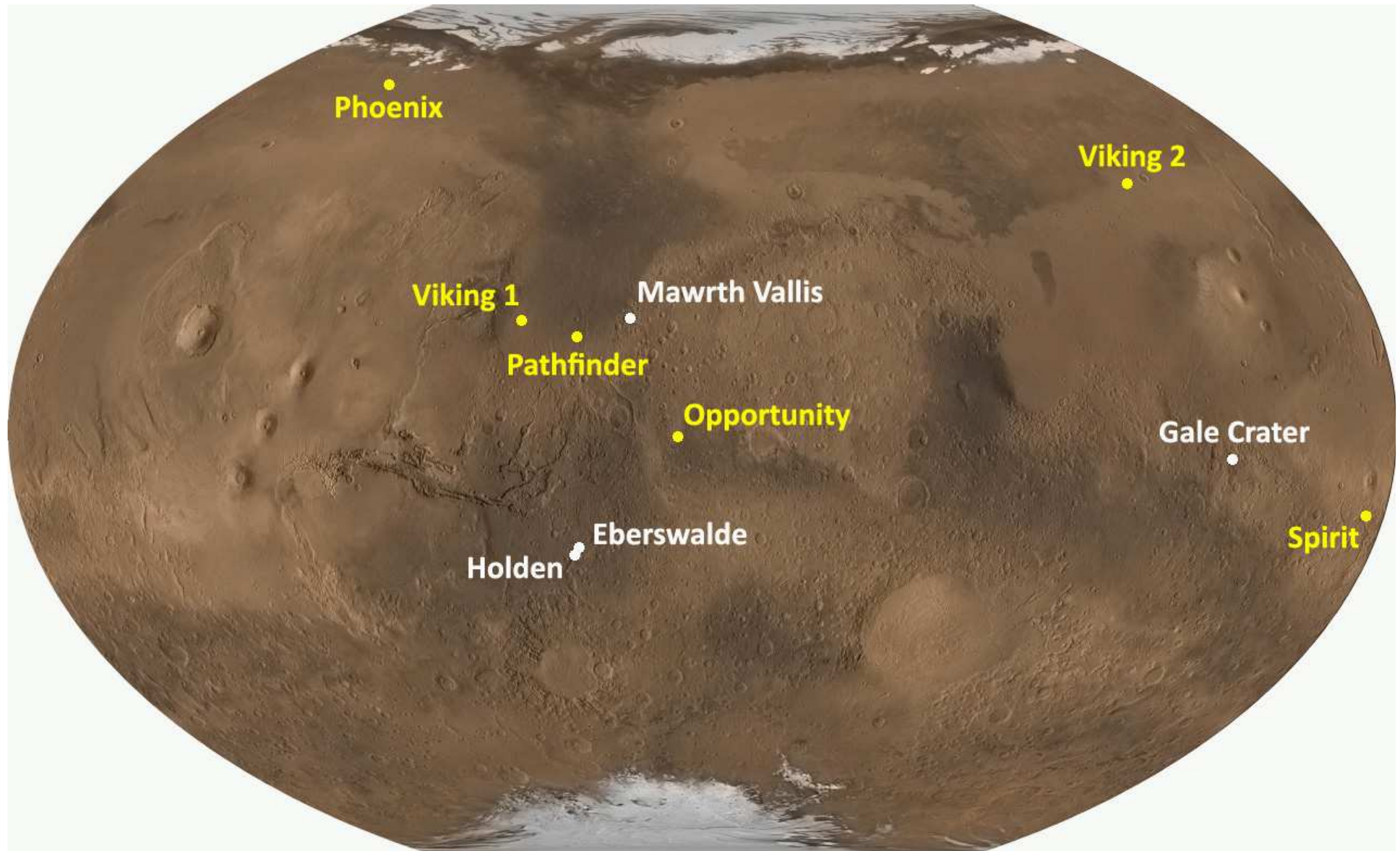
Mariner 4 (NASA, 28/11/1964)

Panorámica de la Exploración de Marte

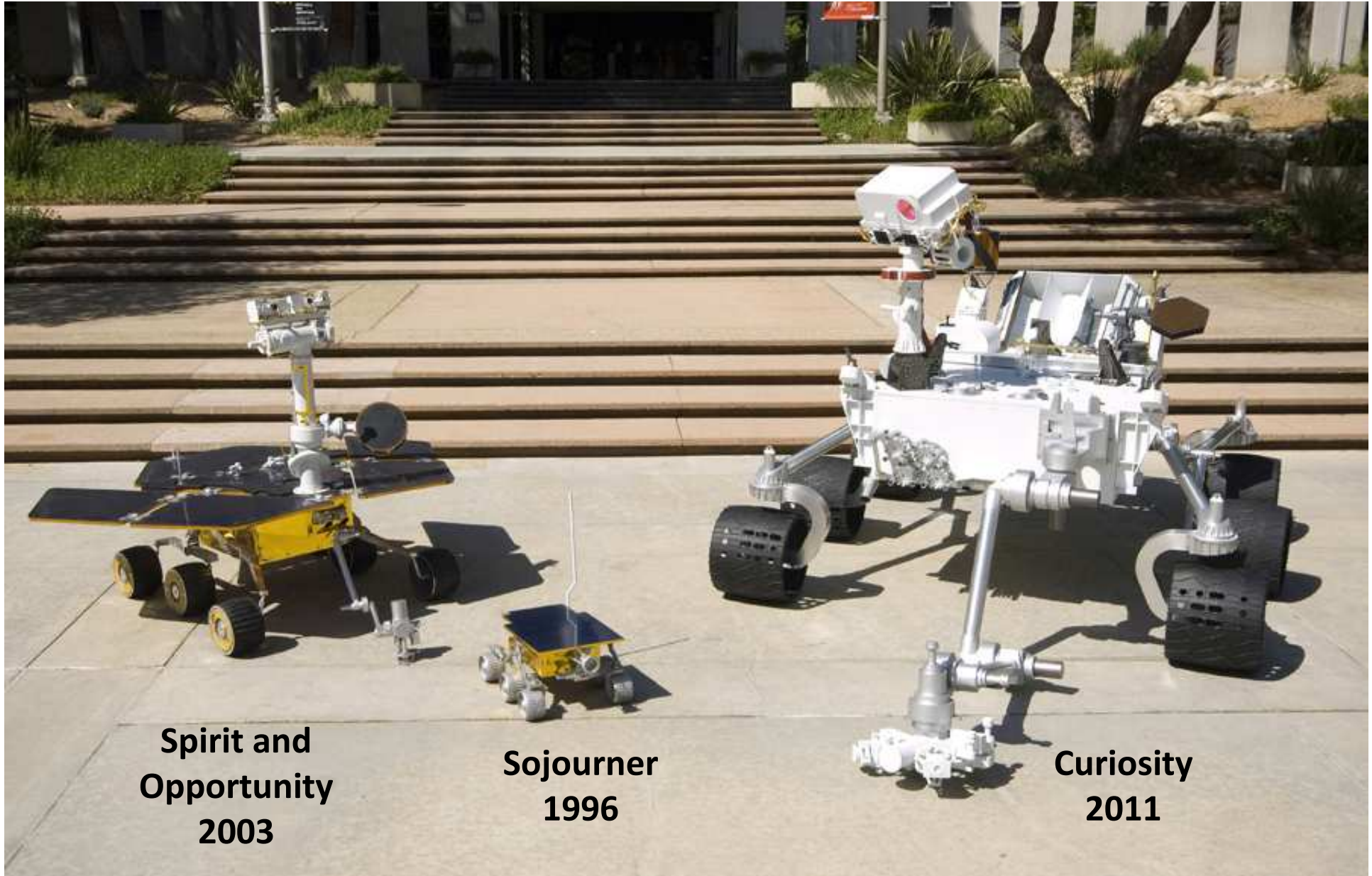


Lugares de Aterrizaje en Marte

(Misiones Previas y Candidatos Finales de *Curiosity*-MSL)



Rover: Foto de Familia



**Spirit and
Opportunity
2003**

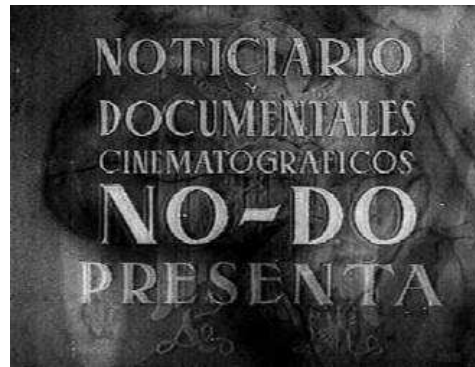
**Sojourner
1996**

**Curiosity
2011**

4. Entorno de Estudios Marcianos en la Universidad Complutense de Madrid

Antecedentes

- OBSERVATORIO DE MADRID (1956).



- GRUPO DE PLANETOLOGIA del **Prof. Francisco Anguita Virella (1944-)** de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM:

- F. Anguita, “Historia de Marte, Mito y Exploración”. Editorial Planeta. ISBN 978-84-0802-698-3. (1998)

Realizaciones

2001-2003: Beagle 2 (Mars Express, ESA)

- **Coordinar el calibrado de los de los sensores de Ultravioleta (Luis Vázquez, UCM)**

2004-2007: REMS-Curiosity (NASA)

Investigador Principal: Luis Vázquez (UCM)

1. FORMACION DEL CONSORCIO

- **Conseguir la máxima participación Española**

2. FORMACION DEL EQUIPO CIENTIFICO: CAB-INTA, UCM, UPC, FMI, USA (Ames, Michigan, Caltech).

3. DEFINICION CIENTIFICA DE LOS INSTRUMENTOS DE REMS.

4. DIMENSION TECNOLOGICA: CRISA

2007- : MEIGA-METNET (Rusia +Finlandia + España)

Director Español: Hector Guerrero (INTA)

Director Cientifico Español: Luis Vázquez (UCM)

• ACCIONES EN REALIZACION.

- **Consortio Español: INTA, UCM, C3M, Sevilla (Instituto de Microelectrónica)**
- **Desarrollos Tecnológicos: INTA ,ASICs**
- **Publicaciones**
- **Cursos de Verano (El Escorial: 2009, 2010, 2011). Divulgación**
- **Desarrollos: Patentes, Cloud Computing**

Referencias sobre Curiosity

Mars Science Laboratory

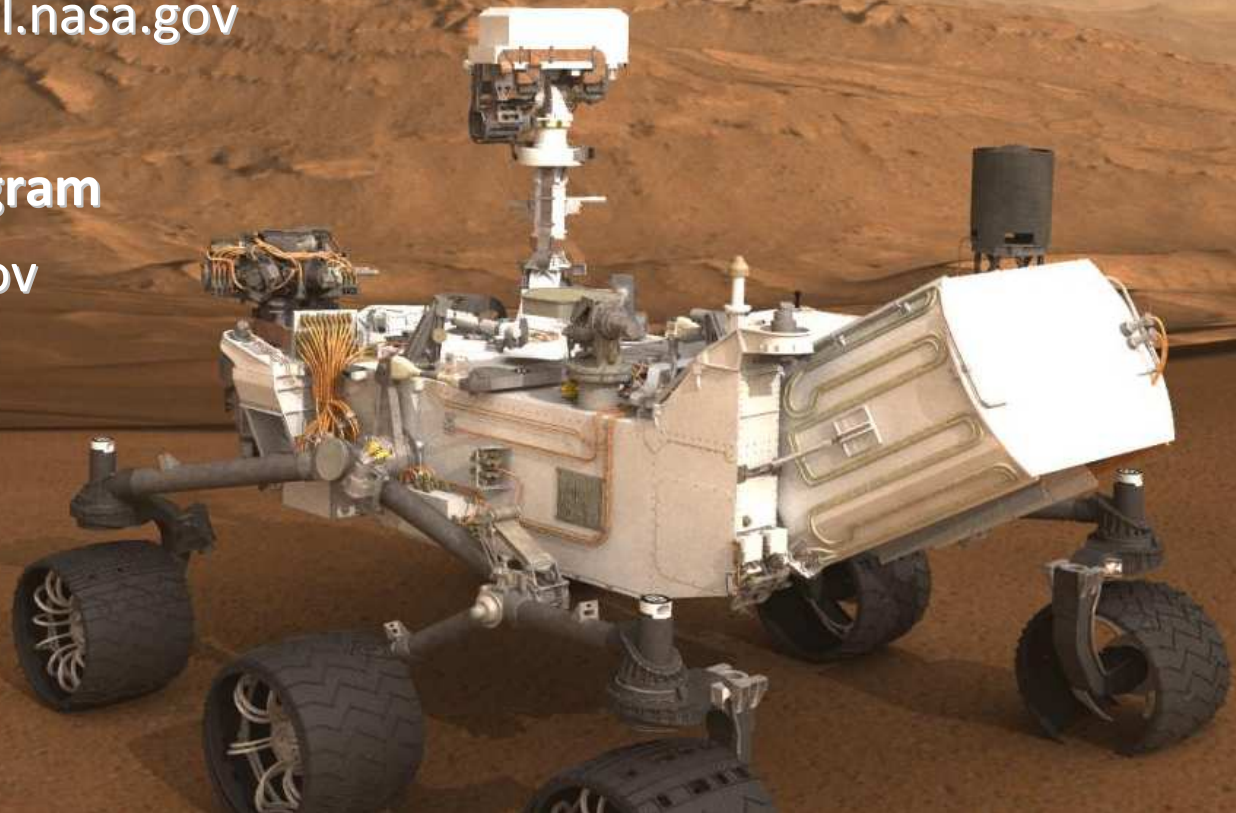
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl>

MSL for Scientists

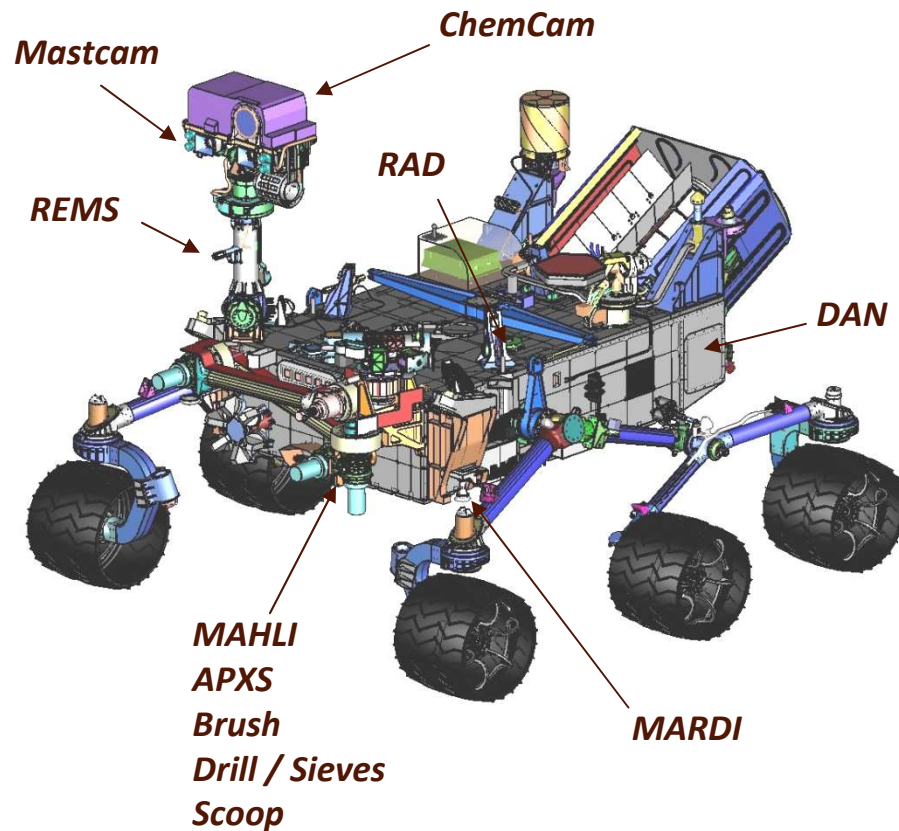
<http://msl-scicorner.jpl.nasa.gov>

Mars Exploration Program

<http://mars.jpl.nasa.gov>



MSL Science Payload



Wheel Base:	2.8 m
Height of Deck:	1.1 m
Ground Clearance:	0.66 m
Height of Mast:	2.2 m

REMOTE SENSING

Mastcam (M. Malin, MSSS) - Color and telephoto imaging, video, atmospheric opacity

ChemCam (R. Wiens, LANL/CNES) – Chemical composition; remote micro-imaging

CONTACT INSTRUMENTS (ARM)

MAHLI (K. Edgett, MSSS) – Hand-lens color imaging

APXS (R. Gellert, U. Guelph, Canada) - Chemical composition

ANALYTICAL LABORATORY (ROVER BODY)

SAM (P. Mahaffy, GSFC/CNES) - Chemical and isotopic composition, including organics

CheMin (D. Blake, ARC) - Mineralogy

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION

MARDI (M. Malin, MSSS) - Descent imaging

REMS (J. Gómez-Elvira, CAB, Spain) - Meteorology / UV

RAD (D. Hassler, SwRI) - High-energy radiation

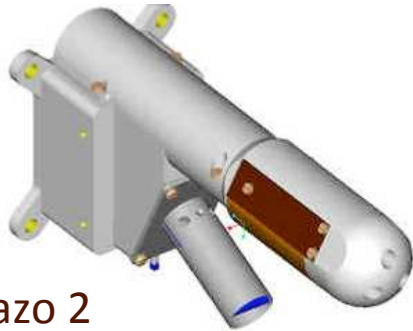
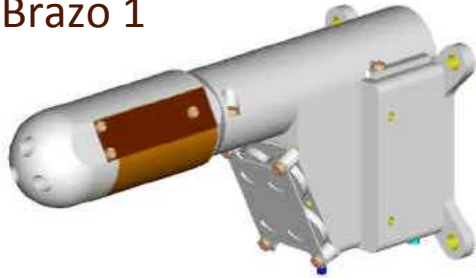
DAN (I. Mitrofanov, IKI, Russia) - Subsurface hydrogen

Rover Environmental Monitoring Station (REMS)

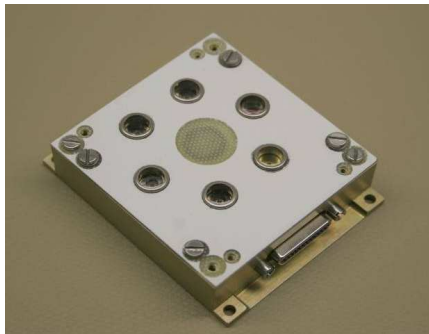
Investigador Principal: Javier Gómez-Elvira (CAB, Desde 2007)

Luis Vázquez (UCM-CAB, 2004-2007)

Brazo 1



Brazo 2



UV Sensor

REMS mide el entorno meteorológico y la radiación UV.

- Dos sensores de viento 3-D
- Sensores de temperature del Aire
- Sensor de temperatura del suelo (IR)
- Detector Radiación UV (200 to 400 nm)
- Sensor de Presión
- Sensor de la Humedad Relativa
- Medida a 1-Hz durante 5 minutos cada hora

Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

4800 Oak Grove Drive
Pasadena, CA 91109-8099

(818) 354-4321



December 17, 2004
Refer to: 010-A-LTR04JJS

Dr. Luis Vázquez
Centro de Astrobiología (CSIC/INTA)
Carretera de Torrejón a Ajalvir, km. 4
28850-Torrejón de Ardoz (Madrid)
Spain

Dear Dr. Vázquez:

On behalf of the entire Mars Science Laboratory Project team at JPL, congratulations on the selection of your investigation by NASA to be part of the MSL Mission. Richard and I would like to offer our personal welcome to you and your team and express our commitment that MSL be the most productive and exciting project yet sent to Mars. Your investigation is one of the key elements to achieving that.

Over the next few months we will work together to define the accommodations and plans for your investigation and lay the groundwork for developing and implementing your Instrument and Investigation as well as the entire MSL Flight and Mission system. Together, we will work to maximize the capability of both your investigation and the overall Science return of the MSL mission within the constraints presented to us by our NASA/MEP sponsors.

We look forward to the challenges and rewards that lay ahead. Welcome Aboard.

Sincerely,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Theisinger'.

Peter C. Theisinger
Manager Mars Science Laboratory Project

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Cook'.

Richard A. Cook
Deputy Manager Mars Science Laboratory Project

Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

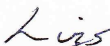
4800 Oak Grove Drive
Pasadena, CA 91109-8099

(818) 354-4321



December 17, 2004
Refer to: 010LTR04JJS

Dr. Luis Vázquez
Centro de Astrobiología (CSIC/INTA)
Carretera de Torrejón a Ajalvir, km. 4
28850-Torrejón de Ardoz (Madrid)
Spain


Dear Dr. Vázquez:

Congratulations and Welcome to MSL. I look forward to working with you and your team to successfully fly the Remote Environmental Sensor System (REMS) Instrument aboard MSL. I know I speak for the entire MSL Project and especially the Science and Payload Offices when I tell you that we have been looking forward to this moment for a long while. The payload selection is a major milestone for us, and a critical one to enable us to move forward toward identifying what the flight and mission systems need to do to support the science investigations.

During the next few months we have much to do to define the accommodations needs and interfaces for your instrument hardware, and to formulate the Implementation Plans for your investigation. Phase A will complete with accomplishment of the Accommodation and Implementation Plan Review to be conducted in the March timeframe. The Accommodations Review will serve as our initial checkpoint toward establishing what you need from the MSL system and how the MSL system plans to provide it. The Implementation Plan review will be the initial baseline review of your effort from a technical description, scope, schedule and cost-planning standpoint.

The attached package provides some initial information on project organization and contacts, etc., as well as templates for required documents during Phase A. Also enclosed is a draft PI to MSL Work Arrangement Document covering the Phase A period which includes the planned dates for accomplishment for significant elements of our Phase A work together. At this point, these are generic statements including only the Project planned activities. If you have specific instrument-unique activities to be included in your Phase A activities, we will need to add these to the documents prior to finalization.

While the enclosures primarily emphasize the documentation deliverables, I fully expect and recognize that the next few months will involve many personal interactions between our teams. Continual and open communications are key to our joint success. Please feel free to contact me or any of the other individuals listed on the Project Contact sheet provided to you at any time with issues or items that need to be worked.

You will soon also be receiving access forms to permit your access to the JPL network and especially our on-line document library, Docushare. This is the repository and exchange tool for all Project documents, presentations, etc. We will also establish Docushare collections as the Project-provided filing area for Investigation information and exchange. Chuck Holler is the key person to facilitate this process

Luiz Vázquez


2

December 17, 2004

Additionally, now that we know the nature of the selected instruments, we will be establishing a lead MSL Instrument Engineer for each investigation to provide primary points of contact and liaison for you and your team into the MSL team at JPL. These individuals work for both of us, not just for the project. I hope that they will become valuable members of your team as we proceed. I hope to have these individuals on board prior to our initial Project Week meeting series at the end of January. In the meantime, feel free to contact me, Becky Heninger or Daniel Limonadi (see contact sheet for coordinates) with any questions you have.

Talk to you soon.

Cheers,


John J. (Jeff) Simmonds
Payload Manager,
Mars Science Laboratory Project

Phone: 818-354-5815
Email: john.j.simmonds@jpl.nasa.gov



Mars MetNet Precursor Mission

A tri-Lateral International Consortium



Project granted by MICINN



MEIGA

Mars Environmental Instrumentation
for Ground and Atmosphere



*Spanish consortium for
Mars Exploration
with MetNet*

Product Assurance



SCIENCE

Universidad Complutense de Madrid



Scientific Instrumentation



Wind Sensor*

EM for the 2014



Magnetometer

MOURA
Anisotropic MagnetoResistance
(with ASIC-MOURA for 2013)



Dust Sensor

IR Backscattered bi-band
(EM with 5 bands for 2014)



Solar Irradiance Sensor

SIS + OWLS
(with ASIC-WLS 2012 & ASIC-PHOT for 2014)



ARQUIMEA



Flexible Actuator

with a Shape Memory Alloy



OWLS

Optical Wireless Links
for intraSpacecraft
communications



MEREX

Miniature Electronic Resources
for Planetary EXploration



3 ASIC

Mixed signal
OWLS-MOURA-PHOT

CONSORCIO para la 1ª CÁPSULA METNET PRECURSOR

- RUSIA

 **IKI** - The Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences



LA - The Lavochkin Science and Production Association of the Roskosmos



- FINLANDIA



FMI - Finnish Meteorological Institute



- ESPAÑA



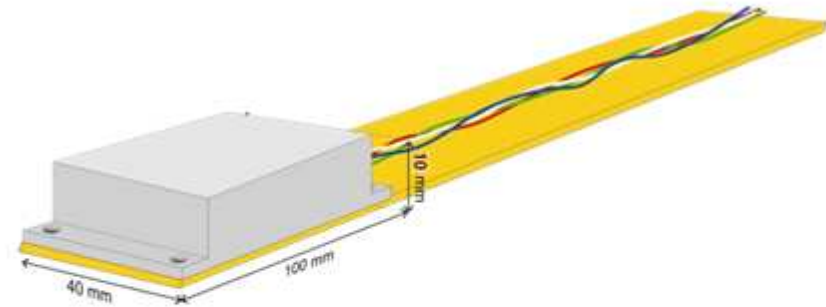
INTA - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial



MEIGA - INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS

- Magnetómetro Triaxial (+ ASIC^{*}_{MAG})

MOURA



- Sensor Espectral de Irradiancia Solar

SIS

- Conexiones Inalámbricas: OWLS^{**}
(+ ASIC_{OWLS})



- Sensor de polvo depositado

DDS



* ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*)

* OWLS (*Optical Wireless Links for intra-Satellite Communications*)



Distribución de la Carga Útil Española en la Misión Mars MetNet Precursor: ~ 20% de la masa total asignada para instrumentos.



08-INTA-10479

COOPERATION AGREEMENT

BETWEEN

The FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE (FMI)

and

The SPACE RESEARCH INSTITUTE (IKI)
of the RUSSIAN ACADEMY of SCIENCES

and

The NATIONAL INSTITUTE of AEROSPACE TECHNOLOGY of SPAIN (INTA)

and

The LAVOCHKIN SCIENCE & PRODUCTION ASSOCIATION (LA)

FOR

The Mars MetNet Precursor Mission (MMPM):
A Finnish-Russian-Spanish Mission to Mars

BY and BETWEEN

The Finnish Meteorological Institute (FMI) (hereinafter referred to as FMI) represented by Director General Dr. Petteri Taalas, as the one party.

The Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences, hereinafter referred to as IKI, represented by its Director Prof. Lev Zelenyi, as the second party.

The National Institute of Aerospace Technology of Spain, hereinafter referred to as INTA, represented by its Director General Mr. Fernando González, as third party.

The Lavochkin Science and Production Association (LA) of ROSCOSMOS, hereinafter referred to as L.A., represented by its First Deputy of General Designer and General Director Prof. Konstantin M. Pichkhadze, as fourth party.

All Parties acknowledging their respective capacity, power and authority to enter into Agreement, and

RECALLING that

FMI is an Autonomous Organization, with its own legal status and assets, assigned to Ministry of Transport and Communications of Finland, and designated as a public service research organisation by the Finnish law 22.12.1967/585, and is regulated by the mentioned law and regulation 18.12.1987/1081. FMI is specialized in weather services research, and among other functions, space research through its own scientific and technological developments, and through the corresponding exchanges and cooperation with other nations.

with the EDLS (Entry, Descent and Landing System) controlled by the contract between FMI and IKI / J.V. Interastro).

- INTA will develop and provide three Scientific Instruments for the MMPM. The instruments will be:
 - a) Tri-axial magnetometer.
 - b) Solar Irradiance Sensor
 - c) An optical wireless channel (OWLS) and a dust deposition sensor (DDS).

Fourth – TECHNICAL COMMITMENTS

Units of Measure. All technical documents required for implementing the work of this Agreement shall use Standard International Units (SI System) as the units of measure.

Model Philosophy. There will be two payload instrument model, an Engineering Qualification Model (EQM) and Proto-Flight Model (PFM).

INTA Payload. It will consist on three Scientific Instruments as follows:

- a) Tri-axial Magnetometer (based on anisotropic magnetoresistors). This will be deployed with a flexible boom some distance apart from the lander in order to minimize the magnetic noise influence coming from it. It will rest on Martian soil without any possibility of being moved due to standard wind storms.
- b) Solar Irradiance Sensor (based on an array of silicon photodiodes and filters).
- c) An optical wireless channel (OWLS) for data interfacing between the Solar Irradiance Sensor (on the top of the boom) and the lander deck. On the deck it will be an OWLS module with a dust deposited sensor.

Accessibility to Scientific Data: FMI, the Russian contractors of FMI, and INTA will appoint a Primary Investigator for each of the instruments provided by them. Additionally, each party will nominate one Scientific Director governing all the scientific aspects of the experiments to be performed by the party. By INTA the Scientific Director will be the Professor and Academician Luis VÁZQUEZ (vazquezml@inta.es).

All the Primary Investigators and the Scientific Directors will be official members of the MMPM Science Team (MST). The MST chairman will be nominated by the MMPM Consortium Leader. The INTA Scientists and Engineers will have full accessibility to the whole scientific data of MMPM in the similar fashion as the scientists of FMI and IKI.

Definition of the Landing site: The Parties will work together in the definition of the landing site. This definition work will be performed by the MMPM science team (MST).

Fifth – DEVELOPMENT SCHEDULE

Scheduled Launch Period: FMI / IKI will inform INTA (facsimile or mail) when they will have the official information of the scheduled launch period and any launch details, when it will be defined by the main spacecraft, the Phobos Sample Return (PSR). They will inform within the next week after their reception of this information. If the information is modified or actualized, INTA will be also notified in the similar fashion.

The MetNet Lander (MNL) Delivery. FMI and/or IKI will inform INTA (facsimile or mail) when they will have the official information of the scheduled delivery period of the MNL to be integrated in the main spacecraft, the Phobos Sample Return. They will inform the next week after their reception of this information. If the information is modified or actualized, INTA will be also notified in the same way.

Referencias-1

- “Numerical integration of the discrete-ordinate radiative transfer equation in strongly non-homogeneous media”. M. P. Zorzano, A. M. Mancho and L. Vázquez. *Applied Mathematics and Computation* 164, 263-274 (2005).
- “Remote temperature retrieval from heating or cooling targets”. M. P. Zorzano and L. Vázquez. *Optics Letters* 31, 1420-1422 (2006).
- “Spectral information retrieval from integrated broadband photodiode Martian ultraviolet measurements”. L. Vázquez, M. P. Zorzano and S. Jiménez. *Optics Letters* 32, 2596-2598 (2007).
- “Retrieval of ultraviolet spectral irradiance from filtered photodiode measurements”. M. P. Zorzano, L. Vázquez and S. Jiménez. *Inverse Problems* 25, 115023 (2009).
- “The Martian Atmospheric Boundary Layer”. A. Petrosyan, B. Galperin, S.E. Larsen, S.R. Lewis, A. Määttänen, P.L. Read, N. Renno, L.P.H.T. Rogberg, H. Savijärvi, T. Siili, A. Spiga, A. Toigo and L. Vázquez. *Reviews of Geophysics* 49, RG3005, 1-46, (2011).
- NASA Book chapter “The Martian Planetary Boundary Layer” P. L. Read, B. Galperin, S. E. Larsen, S. R. Lewis, A. Määttänen, A. Petrosyan, N. Renno, H. Savijärvi, T. Siili, A. Spiga, A. Toigo, L. Vázquez. Cambridge University Press (2012).
- “REMS: An environmental sensor suite for the Mars Science Laboratory rover”. REMS Team. (40). *Space Science Reviews* 170, 583-640 (2012).
- “Martian dust devils detector over FPGA”. E. de Lucas, M.J. Miguel, D. Mozos and L. Vázquez. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 1, 23–31, (2012).

Referencias-2

- G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *TKE Budget in the Convective Martian PBL*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, DOI:10-1002/qj.883. (2011).
 - G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *Characterization of the Martian Convective Boundary Layer*. Journal of the Atmospheric Sciences 66, 2044-2057 (2009).
 - G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *Characterization of the Martian Surface Layer*. Journal of the Atmospheric Sciences 66, 187-198 (2009).
 - **ECLIPSES DE FOBOS Y “ARQUEOLOGIA INFORMATICA”**
- Barderas, G., Romero, P., 2012. *Observations of Phobos shadow: Analysis of parameters connecting Earth-Mars reference frames*. Planetary and Space Science, 10.1016/j.pss.2012.06.008.
- Harri A., Schmidt W., Romero P., Vazquez L., Barderas G., Kemppinen O., Aguirre C., Vazquez-Poletti J., Llorente I., Haukka H., Paton M., 2012. *Phobos eclipse detection on Mars: theory and practice*. In Reports 2012:2, Finnish Meteorological Institute.
- Romero, P., Barderas, G., Vazquez-Poletti, J., Llorente, I., 2011. *Spatial chronogram to detect Phobos eclipses on Mars with the MetNet Precursor Lander*. Planetary and Space Science 59, 1542–1550 (2011).
- Vazquez-Poletti, J.L., Barderas, G., Llorente, I.M., Romero, P., 2010. *A model for efficient onboard actualization of an instrumental cyclogram for the Mars Metnet mission on a public cloud infrastructure*. In: PARA 2010: State of the Art in Scientific and Parallel Computing. Lecture Notes in Computer Science. Elsevier, 2010.
- G. Barderas, P. Romero L. Vazquez, J.L. Vazquez-Poletti, and I.M. Llorente. *Phobos Eclipse Observation Opportunities with the Mars Science Laboratory*. Mon. Not. R. Astron. Soc.496, 3195-3200 (2012).



Seleccionar idioma | Translation Disclaimer

Subscribe | Sign In



Search

Home News ▾ Topics ▾ Sectors ▾ Market Watch Events Multimedia Whitepapers Job Bank About ▾



Today's Top Feature

Oct 30, 2012



Cloud Lends Power to Next Generation Martian Missions

The latest Martian rover has performed an on-site validation of an application essential to the next generation of Martian missions. Cloud computing, specifically Amazon Web Services, played an important role. [Read more...](#)

This Just In Most Read Behind the Cloud

This Week's Headlines

- ▶ Jelastec Platform Supports Parallels Automation Billing System
- ▶ GreenCloud, Xeround to Provide 100% Renewable Energy-Powered IaaS
- ▶ Terremark Lands In Leaders Quadrant of Gartner's Magic Cloud
- ▶ Samplify Announces APAX IP Core for Memory

www.hpcinthecloud.com

ESTUDIOS DE MARTE EN LA UCM



- **Capa Límite Marciana y Radiación en la Superficie de Marte.** Francisco Valero, M^a Luisa Martín (UVA-UCM), Luis Vázquez, Salvador Jiménez (UPM-UCM), **Germán Martínez** (Postdoc. en Michigan Univ.) y **Alvaro de Vicente-Retortillo**.
- **Estudios Magnéticos:** Miguel Herraiz, Marina Díaz-Michelena (INTA-UCM), Luis Vázquez, David Usero, **Beatriz Sánchez-Cano**, **María Ramírez** y **Miguel Cerdán**.
- **Estudios Geodésicos:** Pilar Romero, Marta Folgueira, Gracia Rodríguez-Caderot, **Gonzalo Barderas** y **Javier Mejuto**.
- **Modelización y Estudios de Minería de Datos:** Carlos Aguirre (UAM-UCM), Pedro Pascual (UAM-UCM), Salvador Jiménez (UPM-UCM) y **M^a Pilar Velasco** (Postdoc. en Univ. Zaragoza)).

COLABORACIONES: Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática (FDI-UCM)
NASA, FMI (Finlandia), IKI (Academia Rusa de Ciencias del Espacio)
ESA, ICTP de Trieste (Italia), Universidad de Michigan (USA)

Proyectos

- Ministerio de Educación y Ciencia
ESP2007-30839-E (2008)
- Ministerio de Ciencia e Innovación
AYA2008-06420-C04-03 (2009)
AYA2009-14212-C05-05 (2010-2011)
- Ministerio de Economía y Competitividad
AYA2011-29967-C05-02 (2012-2014)

Minutes of the Meeting CSSAR, Beijing, 8.-10.2010

INTRODUCTION

The meeting was held between the representatives of the REsearch Center of Solar system Exploration (RECSE) in the Center for Space Science and Applied Research (CSSAR) of the Chinese Academy of Sciences, Finnish Meteorological Institute (FMI) and the National Institute of Aerospace Technology of Spain (INTA).

The theme of the meeting was Cooperation within the Mars METNET Mission and the YINHAO-1 as well as the anticipated Chinese Mars Mission slated for launch in 2013.

Participants in the meeting were Dr Hua. Zhao, Dr. Lei Li Dr W. Wang, Dr. Bin Zhou Dr. Yongyong Feng, et al from (CSSAR), and Dr. Zhiyong Wei from Nanjing University of Aeronautics and Prof. L. Vazquez (UCM) and Dr H. Guerrero (INTA), and Dr W. Schmidt and Dr. A.-M. Harri (FMI).

BACKGROUND

MetNet Precursor is a planetary exploration mission to Mars, aimed to deploy on its surface an environmental Observation Unit based on a new type of semi-hard landing vehicle called MetNet Lander (MNL). The first MetNet Lander, the Mars MetNet Precursor 1, is planned to be carried to Mars onboard the spacecraft of the Russian Mission "Phobos Sample Return" (o "Phobos Grunt") managed and led by Lavochkin Association (LA) of ROSCOSMOS and IKI of Russian Academy of Sciences. Currently also the second MetNet, Mars MetNet Precursor Mission 2, is being developed.

MMPM is a Technology and Science Demonstration Mission, which will have a versatile science payload focused on the atmospheric science of Mars. The nominal duration of the Mission will be one Martian year if the MNL payload includes Radioisotopic Thermal Generator (RTG). (i.e. two terrestrial years). Otherwise the nominal duration will be less than one Martian year due to diminishing solar energy during the Martian wintertime. The issue of nominal duration will be settled after the final mission configuration has been resolved.

The MetNet concept is an in situ observation network based on semi-hard independents landing vehicles. The eventual scope of the MetNet Mission is to deploy some 20 MNLs on the Martian surface using inflatable descent system structures, which will be supported by observations from the orbit around Mars. Detailed characterization of the Martian atmospheric circulation patterns, boundary layer phenomena, and climatologically cycles, as well as interior investigations, require simultaneous in-situ measurements from networks of stations on the Martian surface. The MetNet-type of mission will provide the crucial information for the understanding of the dynamics and general behavior of the Martian atmosphere, as well as it will provide weather forecast facility for safe landings of the forthcoming large Martian landing missions. The scientific payload of the MetNet Mission encompasses separate instrument packages for the atmospheric entry and descent phase, and for the surface operation phase. The MetNet mission concept and key probe technologies have been developed and the critical subsystems have been qualified to meet the Martian environmental and functional conditions. This huge development effort has been fulfilled in collaboration

- (5) CSSAR will strongly push for this aim of sharing some system resources between the Balloon and MMPM-2. When/if this arrangement is accepted by the Chinese 2013/14 mission officials, MMPM-2 would become a joint mission to Mars implemented by the Consortium.
- (6) FMI as the MMPM Mission Lead organization has the responsibility of defining the interface specification and development and delivery schedule for the Chinese Instrument onboard the MMPM-2. FMI will provide this information ASAP.
- (7) The Chinese Mars Spacecraft deploying the MMPM-2 (and the Balloon) will provide data relay service for the MMPM-2 during its operations. FMI is responsible for defining the Mounting, Separation and Data Relay functions needed by the MMPM-2, in cooperation with the Balloon team, to make sure that the Data Relay is fully compatible with Data Relays onboard Mars Orbiting satellites provided by the ESA and NASA and Russian space organizations.
- (8) CSSAR was pleased to invite FMI and INTA to participate in the Balloon payload. FMI will provide Pressure, Humidity and Temperature sensor device for the payload. INTA will be part of the Magnetometer Instrument team. INTA expressed its willingness to provide the Solar Irradiance sensor system. In addition, INTA offers the optical wireless communication technologies for the service of the Balloon Payload. The contact point for Balloon Payload at CSSAR is Dr Wang.
- (9) It was agreed that we try to confirm all the issues above as soon as possible. When this agreement and confirmation has been reached, the MMPM-2 team will write a Memorandum of Understanding between FMI, INTA, LA and CSSAR on how the MMPM-2 mission will be accomplished as part of the Chinese Mars 2013/14 mission. This MOU should be written, agreed and signed soon to enable practical development work.
- (10) We anticipate to have the next joint meeting in March – April at FMI. We will make the window of the possible meeting date shorter in December this year.

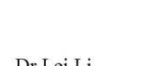
Beijing, CSSAR, 10th Nov 2010.

Signatures:

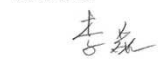
Dr Hua Zhao



Dr Jindong Wang



Dr Lei Li

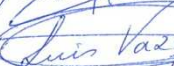


Dr Zhiyong Wei

Dr Ari-Matti Harri



Dr Hector Guerrero



Prof. Luis Vazquez



Dr Walter Schmidt

5. Referencia de Futuro

¿2030: LLEGADA DEL HOMBRE A MARTE?

Razones Históricas: *Grandes saltos en la exploración cada 60 años*

- 1492: America
- 1550: Las Islas del Pacífico
- 1610: Japón
- 1670: Australia
- 1730: Siberia
- 1790: Himalaya
- 1850: África
- 1910: Los Polos
- 1969: La Luna

2030: ¿Marte?

“Towards Mars” Raud Publishing (2006)

¿2030: LLEGADA DEL HOMBRE A MARTE?

Razones Históricas: *Grandes saltos en la exploración cada 60 años*

- Primer vuelo espacial tripulado: 1961.
- 1961: Presidente J.F. Kennedy anuncia que USA hará llegar un hombre a la Luna antes de 1970.
- MARTE: Se dispone de más tiempo y de más experiencia en vuelos y estancias en el espacio. (¡incluso turistas espaciales!).

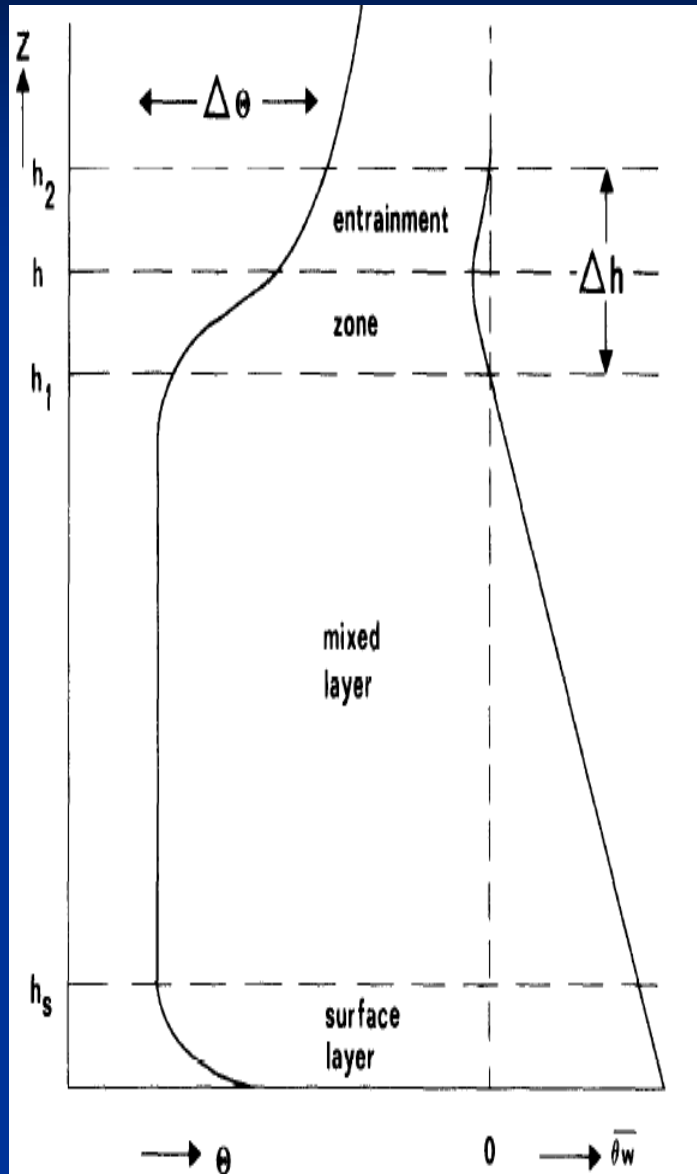
6. Ejemplos Básicos de Estudio y Modelización:

- * Capa Limite de Marte**
- * Radiación Solar Ultravioleta
en la Superficie Marciana**
- * Eclipses de Fobos**

1. Definicion

- **Capa Límite Planetaria:** la parte inferior de la atmosfera influenciada directamente por la superficie del planeta. Responde a forzamientos superficiales con una **escala de tiempo** del orden de **una hora o menos**. Estudiada por la Micrometeorología.
- Caracteristica Fundamental: **Naturaleza Turbulenta.**
- La atmosfera libre está encima de la Capa Límite.

1. Definición



Partes de la Capa Limite Planetaria

Bajo condiciones convectivas características durante el día:

Capa Superficial: Region inferior de la capa límite donde los flujos turbulentos varían menos del 10% de su magnitud. Las mayores variaciones en las magnitudes meteorológicas tienen lugar en esta capa. Consecuencia: cambios más significativos en los intercambios de momento, calor y masa.

➤ **Capa de Mezcla:** Caracterizada por una acción vertical intensa de mezcla que tiende a dejar las variables: temperatura potencial y humedad ~ constantes con la altura

1. Importancia

- El lugar donde operan los **landers** y los **rovers** .
Diseño de los **sensores**



- **Habitabilidad** (Radiación UV, Contenido de Agua del Suelo).
- Los modelos de Circulación Global y Mesoscala necesitan incorporar los fenómenos de la Capa Limite. Existe una **retroalimentación** en ambas direcciones



2. Datos

Conjunto de Datos utilizados:

- **In situ Temperatura promediada cada hora**
- **In situ Velocidad horizontal del viento promediada cada hora**
- **Simulación de la Temperatura de la superficie cada hora**

Corresponden a algunos soles seleccionados (1 Sol es un día Marciano = 88775 s) pertenecientes a:

➤ Viking 1: Soles 27, 28, y 35

➤ Viking 2: Soles 20 y 25

➤ Pathfinder: Sol 25

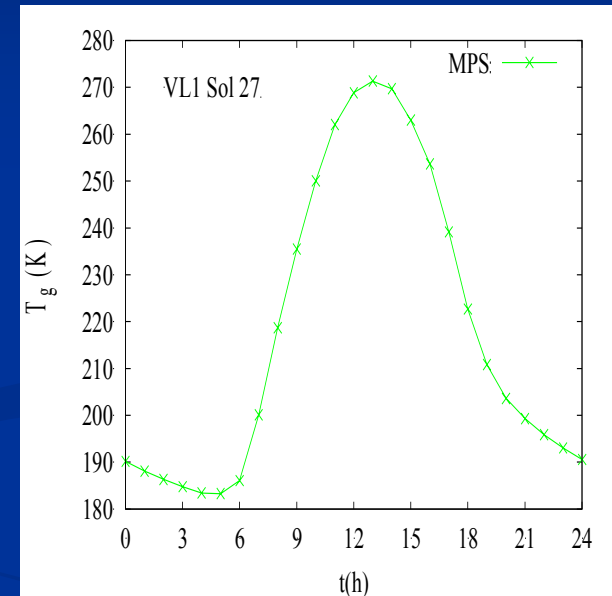
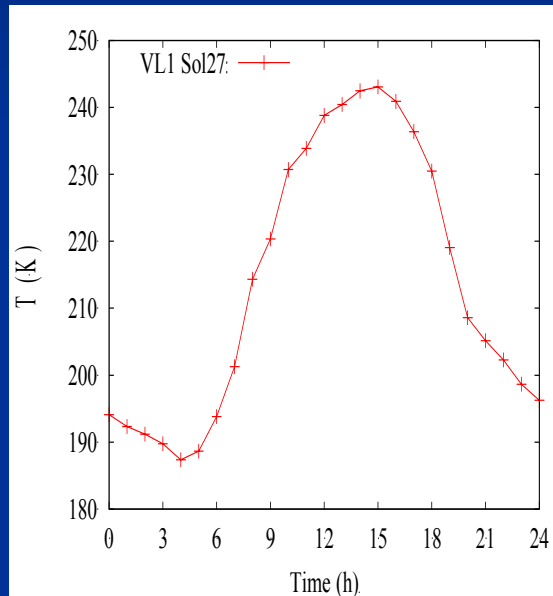
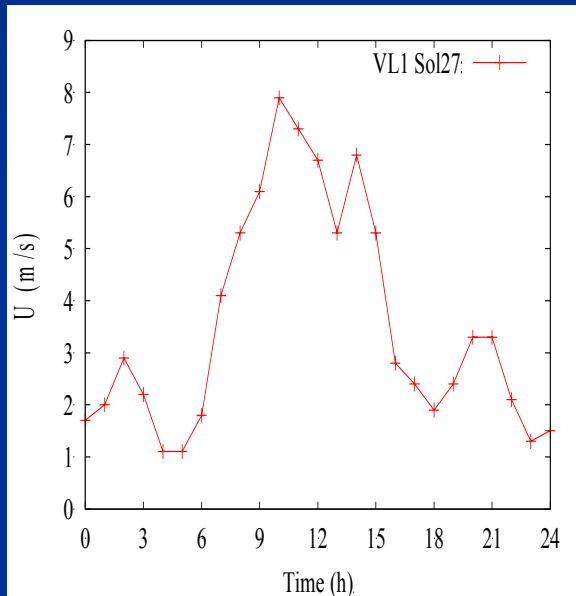
} Altura de Medida 1.6 m

} Altura de Medida 1.3 m

2. Datos

Viking Lander 1 Sol 27

Velocidad Horizontal Temperatura Temperatura Superficie



3. Metodología

Dada la naturaleza de los datos disponibles in situ hemos hecho una adaptación a Marte de:

➤ **Teoría de la Semejanza de la Capa Límite:**

Monin, A. S., and A. M. Obukhov 1954, AN SSSR, 24, 163-187



➤ **Teoría de la Semejanza de la Capa de Mezcla Convectiva:**

Deardorff, J. W. 1972, 29, JAS, 91-115



Todas las variables termodinámicas claves pueden ser obtenidas mediante modificaciones apropiadas de ambas teorías

Limitaciones de la Metodología:

Los resultados son válidos bajo las siguientes condiciones:

- Terrenos Moderadamente Planos
- Ausencia de Perturbaciones Sinópticas
- Carga de Polvo bajo (forzamiento radiativo < calentamiento convectivo)
- Los resultados son especialmente apropiados para los Soles del hemisferio norte en verano.

5. Comparación con la Capa Limite de la Tierra

Capa Limite

- Valores típicos de la longitud de Monin-Obukhov y velocidad de fricción concuerdan en ambos planetas
- Escala de temperatura: un orden de magnitud más alta en Marte.
- TKE (Energía Cinética Turbulenta) valores son similares en ambos planetas, así como el balance de TKE (cualitativa y cuantitativamente).

Capa de Mezcla Convectiva

- Altura de la Capa de Mezcla Convectiva: mayor en Marte (~8 Km vs ~1 km).
- Lo mismo para: escalas de velocidad y de temperatura convectiva (más del doble del valor terrestre).
- Valores de TKE: más del doble de valores en la Tierra.
- Balances de TKE: similares cualitativamente en ambos planetas, con la excepción del término de transporte (comparable al término de fuerza ascensional).
 - Cuantitativamente: balances de TKE muestran comportamiento similar.

Radiación Solar Ultravioleta en la Superficie Marciana (I)

Objetivo Científico Primario :

- Conocer el potencial de la radiación UV (directa y difusa) para eliminar organismos vivos en la superficie de Marte.
- Conocer el potencial destructivo de la radiación UV (directa y difusa) sobre material orgánico en la superficie de Marte.
- Conocer las variaciones diurna y estacional del Ozono en Marte.

Motivo:

- Necesitamos conocer el flujo de UV para determinar las escalas de tiempo asociadas a la eliminación de organismos y destrucción de material orgánico en la superficie de Marte.
- El Ozono es un buen absorbente de UV y su abundancia está controlada por procesos fotoquímicos en la atmósfera Marciana. Comparación con las medidas del MRO (Mars Reconnaissance Orbiter).

Radiación Solar Ultravioleta en la Superficie Marciana (II)

Objetivos Científicos Secundarios:

- Caracterizar las propiedades ópticas del polvo marciano en el rango UV.
- Proporcionar ligaduras a las proporciones de fotólisis y producción de oxidantes.

Motivo:

- Las medidas del flujo de UV en la superficie proporcionarán algunas ligaduras a las propiedades ópticas del polvo en la atmósfera de Marte.
- Obtener algunas ligaduras sobre la fotólisis del H_2O y, por tanto, sobre la producción de oxidantes.

Escenario de Simulación:

5 fotodiodos

- 200-280 nm UV-C
- 280-320 nm UV-B
- 320-400 nm UV-A
- 245-290 nm UV-D
- 310-335 nm UV-E

Se trata de determinar la función espectral de irradiancia $I(\lambda)$ en la superficie de Marte y en el intervalo asociado a la radiación ultravioleta:

[200 nm, 400 nm]

Información Disponible (I)

- Se conoce la integral de la función $I(\lambda)$ en algunos subintervalos:

$$C_k = \int_{\lambda_k}^{\lambda_{k+1}} I(\lambda) d\lambda$$

- Se conoce la función de irradiancia espectral $F(\lambda)$ en la parte alta de la atmosfera de Marte procedente del Sol (de acuerdo con la ley de Planck).
- En la superficie tenemos tenemos dos componentes
 $I(\lambda) = I(\lambda)_{\text{Dir}} + I(\lambda)_{\text{Dif}}$
Los detectores pueden medir solamente la componente directa o las dos a la vez.

Información Disponible (II)

- Simulaciones mediante el código de Transferencia Radiativa: $I(\lambda)_{\text{Dir}}$
- Parametros:

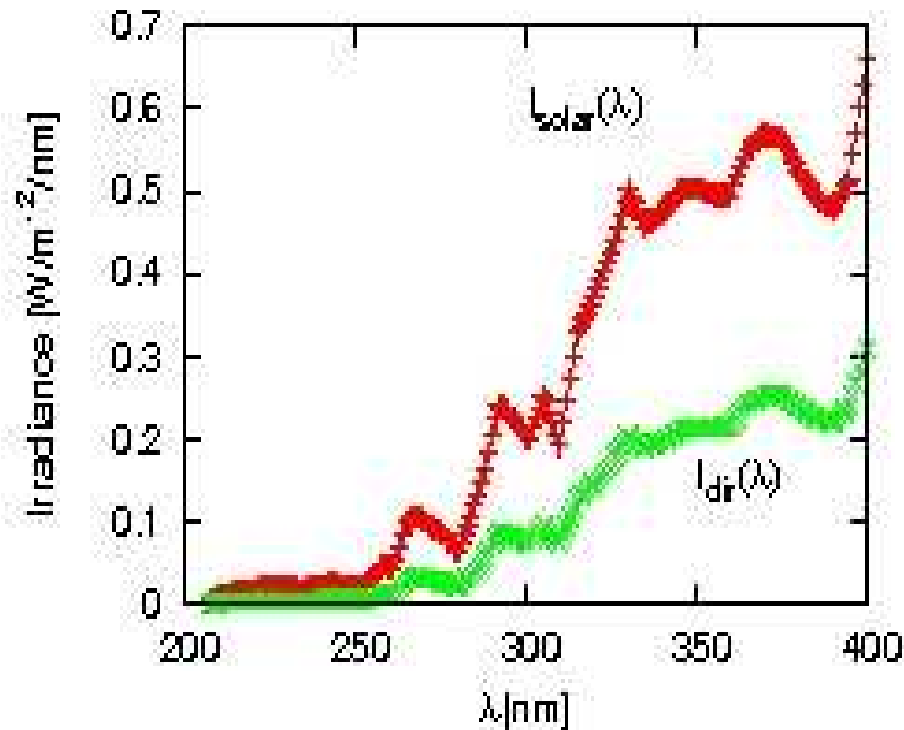
Profundidad Optica: $\tau = -\text{Ln}[I(\lambda)_{\text{Dir}} / F(\lambda)]$

Movimiento y propiedades de absorción del polvo en la atmósfera.

Exponente de Angstrom α : $\tau = \beta / \lambda^\alpha$

(tamaño de las partículas suspendidas)

A partir del código de Transferencia Radiativa



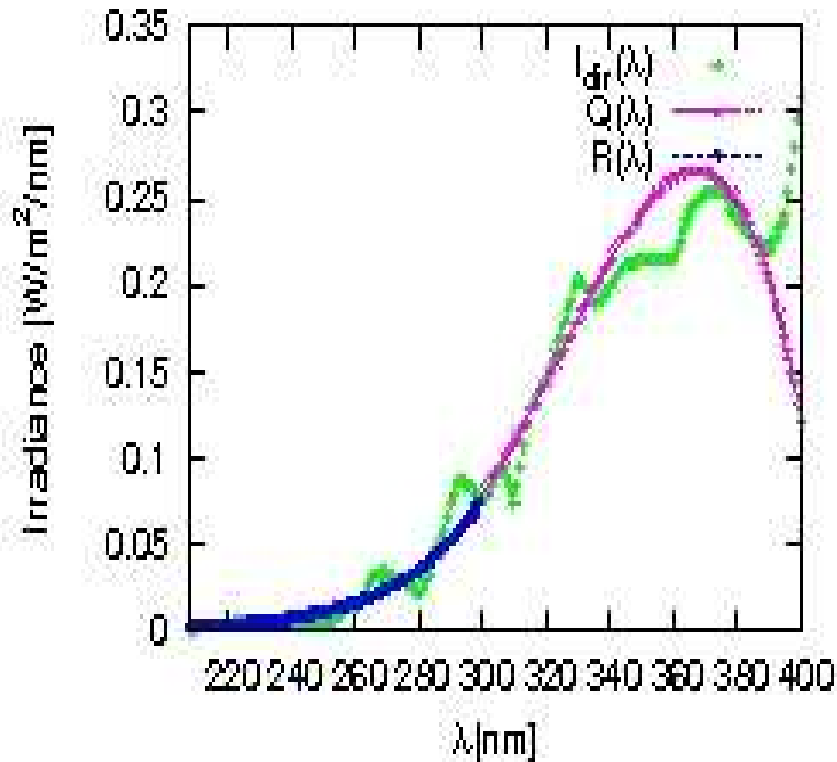
Radiación incidente en
la parte alta de la
atmósfera Marciana y
en la superficie: en el
ecuador a mediodía y
distancia media

(1.52 AU) del Sol con
un escenario de
presión 6 milibars,
relativamente claro
(0.45 de profundidad
óptica)

Ajuste de $I(\lambda)_{\text{Dir}}$ obtenida por simulación

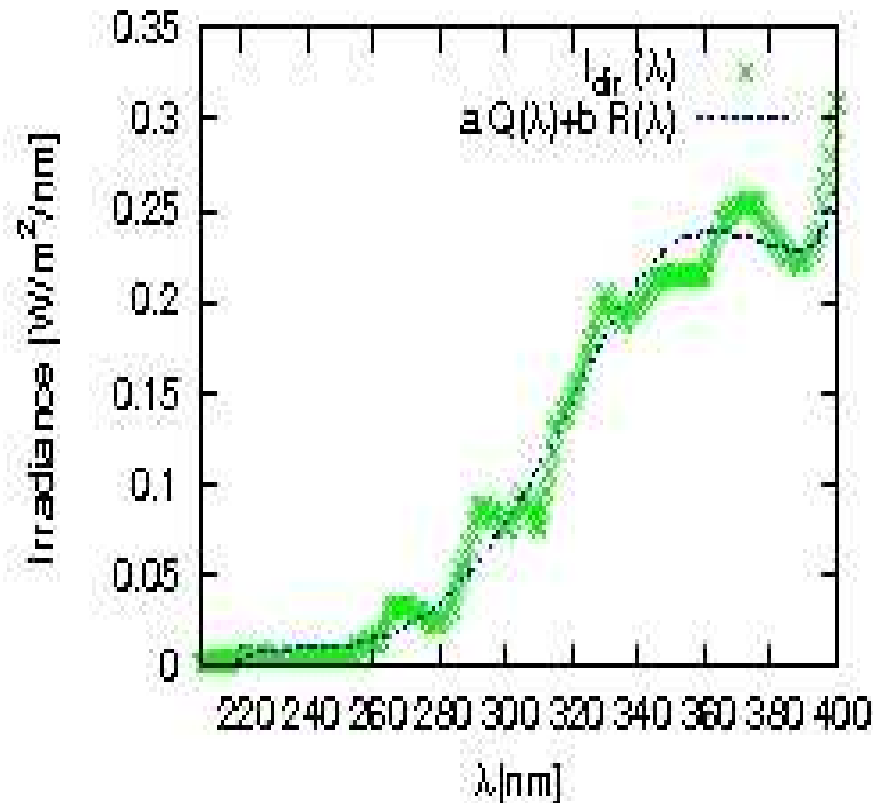
- $I(\lambda)_{\text{Dir}}$ es aproximada por $Q(\lambda) = dP(\lambda)/d\lambda$, siendo $P(\lambda)$ un polinomio de orden cinco
- ***Interpolación Racional:*** $I(\lambda)_{\text{Dir}}$ es aproximada por $R(\lambda) = dT(\lambda)/d\lambda$, siendo $T(\lambda) = P_1(\lambda) / P_3(\lambda)$, cociente de dos polinomios de orden 1 y 3 respectivamente.
- Combinación lineal: $a Q(\lambda) + b R(\lambda)$.
 $a+b=1, a=0.77$

Información integral asociada a las bandas: UV-A, UV-B, UV-C, UV-D, UV-E (I)



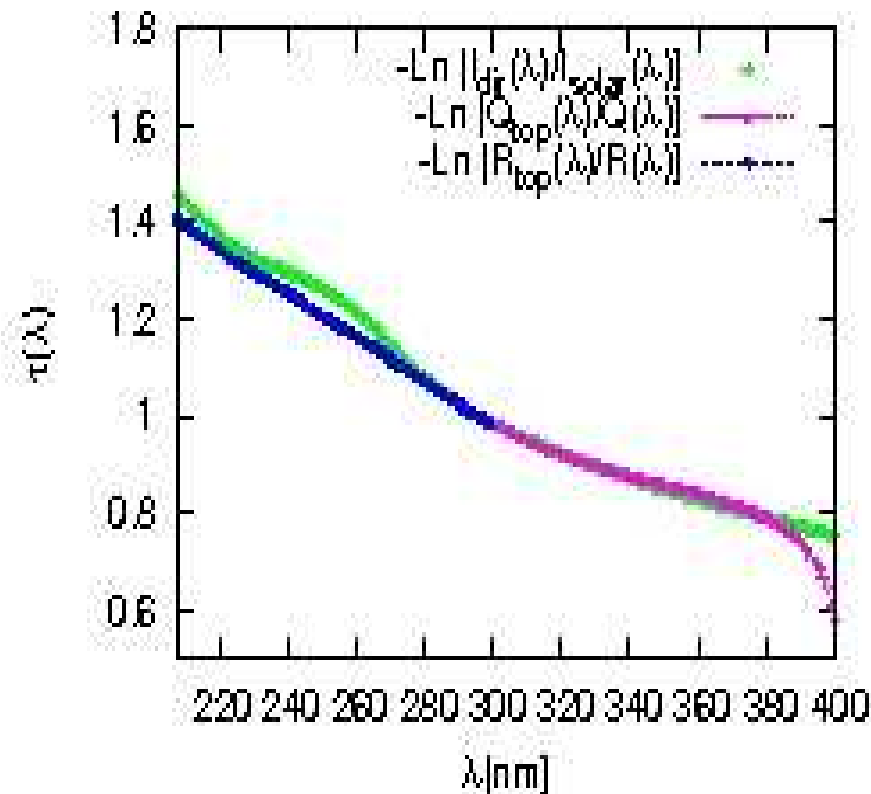
- Dos funciones de interpolación para la irradiancia directa, obtenida de las 5 integrales medidas con los fotodiodos asociados.

Reconstrucción de la irradiancia espectral directa(II)



- Combinación lineal de dos funciones interpolantes que ajustan optimamente la irradiancia directa.

Parámetros



- Reconstrucción de la opacidad o profundidad óptica.
- Reconstrucción del exponente de Angstrom: $\alpha \approx 1$

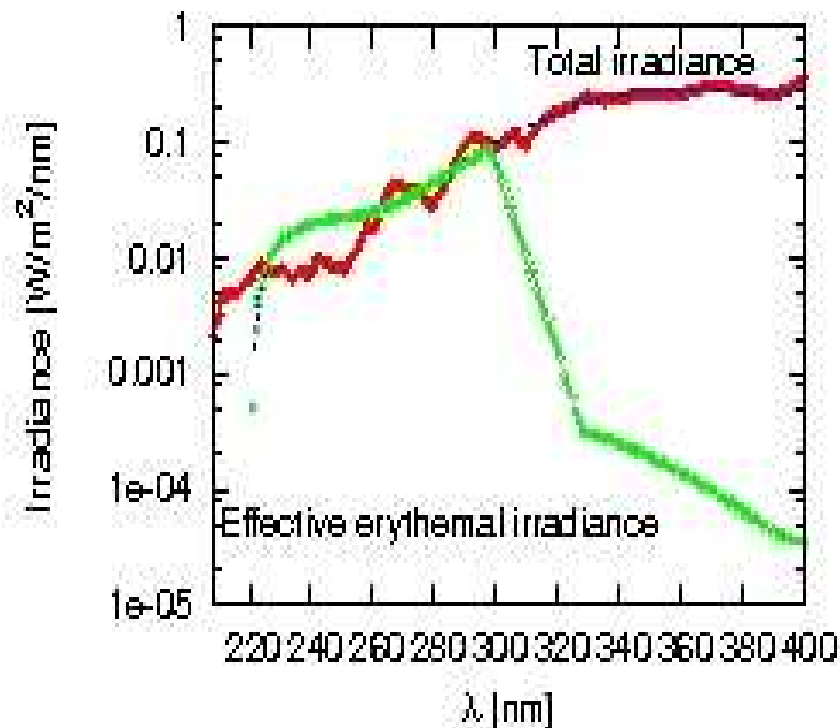
Dosis de UV con Relevancia Biologica

- Dosis Biologica: $D = \int I(\lambda) B(\lambda) d\lambda$, que se representa como el UVI: Índice de ultravioleta.

$B(\lambda)$ = Sensividad espectral; Respuesta biologica de un organismo o estructura biologica (DNA, piel, proteínas,...) a la radiación UV.

- En el caso de la piel humana: $B(\lambda)$
 - 1 para $\lambda < 298$ nm
 - $10^{0.094(298-\lambda)}$ para $298 \text{ nm} < \lambda < 328$ nm
 - $10^{0.015(139-\lambda)}$ para $328 \text{ nm} < \lambda < 400$ nm

Aplicación Biologica



- Estimación del índice ultravioleta :
- $\text{UVI} = 2.88$ ($I(\lambda)$ total).
- $\text{UVI} = 2.76$
(Interpolación de $I(\lambda)$)

Cuestiones Abiertas

- Cuestiones generales asociados a la propagación de la radiación electromagnética en la atmosfera Marciana:

λ / d (diámetro de las partículas suspendidas)

- Mejorar los Códigos de Transferencia adaptados a la atmosfera de Marte. Similar a la adaptación de los modelos atmosfericos. Códigos: SHDOM, DISORT.

- Los fotodiodos tienen un filtro caracterizado por una función $S(\lambda)$, entonces se conoce la integral de la función promediada $I(\lambda)$ en algunos subintervalos:

$$C_k = \int_{\lambda_k}^{\lambda_{(k+1)}} I(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

- Si la función filtro depende del ángulo: $S(\lambda, \theta)$ con lo que el dato de medida es

$$C_k = \int_{\lambda_k}^{\lambda_{(k+1)}} I(\lambda) S(\lambda, \theta) d\lambda$$

- ***Exponente de Angstrom α :*** $\tau = \beta / \lambda^\alpha$

¿Ecuación diferencial fraccionaria?

Publicaciones

1. “Numerical integration of the discrete-ordinate radiative transfer equation in strongly non-homogeneous media”. M. P. Zorzano, A. M. Mancho and L. Vázquez. *Applied Mathematics and Computation* 164, 263-274 (2005).
2. “An UV radiative transfer model for Mars”. G. Gilbert and R. M. Haberle. Space Science Division, NASA Ames Research Center (2005).
3. “Astrobiological significance of minerals on Mars surface environment”. G. Amaral, J. Martínez-Frías and L. Vázquez. *Reviews in Environmental and Biotechnology* (European Science Foundation). Special issue on “*Extreme Life*” 5, 219-231 (2006).
4. “Remote temperature retrieval from heating or cooling targets”. M. P. Zorzano and L. Vázquez. *Optics Letters* 31, 1420-1422 (2006).
5. “UV shielding properties of Jarosite versus Gypsum: Astrobiological implications for Mars”. G. Amaral, J. Martínez-Frías and L. Vázquez. *W. Applied Sci. J.* 2, 112-116 (2007).
6. “Spectral information retrieval from integrated broadband photodiode Martian ultraviolet measurements”. L. Vázquez, M. P. Zorzano and S. Jiménez. *Optics Letters* 32, 2596-2598 (2007).
7. “Retrieval of ultraviolet spectral irradiance from filtered photodiode measurements”. M. P. Zorzano, L. Vázquez and S. Jiménez. *Inverse Problems* 25, 115023 (2009).
8. “Solar irradiance spectral sensor for planetary atmospheric studies”. J. J. Jiménez et al. *Proceedings of 7ª Reunion Española de Optoelectrónica, OPTOEL'11*. Pag. 1-6, (2011).

MEIGA-METNET: SIS - Sensor de Irradiancia Solar

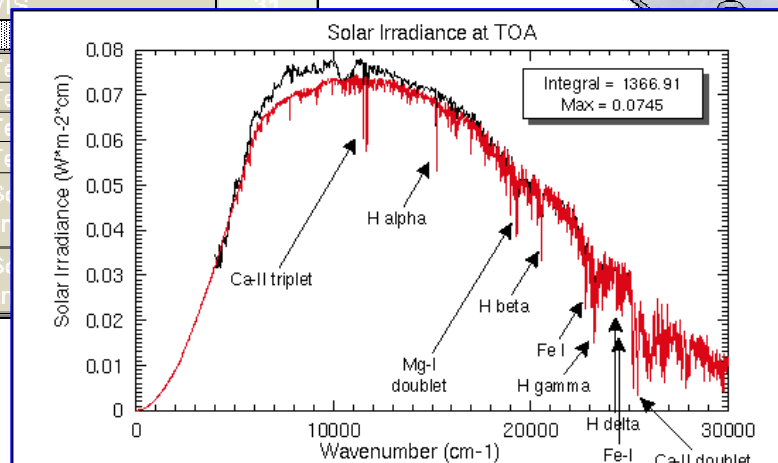
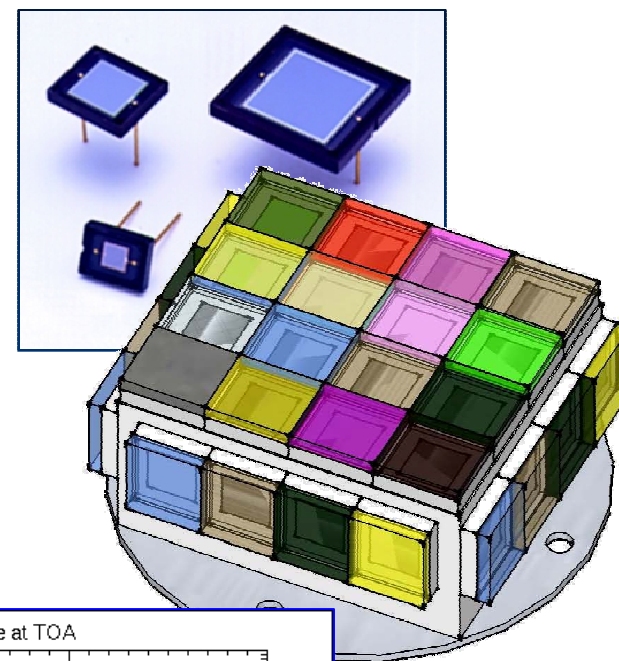
Propuesta inicial de bandas de detección

SOLAR IRRADIANCE SENSOR ACQUISITION CHANNELS						
Channel	Wavelength	Use	Position	Wavelength	Use	Channel
1	----	Background reference	Top Surface	440 / 660 nm	Dust Optical Depth	21
2	190 - 1100 nm	Total luminosity reference		700 - 1100 nm	IR	22
3	710 - 730 nm	H ₂ O		400 - 700 nm	VIS	23
4	810 - 830 nm	H ₂ O				24
5	930 - 950 nm	H ₂ O		440 / 660 nm	Dust Optical Depth	25
6	759 - 771 nm	A Band - O ₂		700 - 1100 nm	IR	26
7	315 - 400 nm	UVA		400 - 700 nm	VIS	27
8	280 - 315 nm	UVB				28
9	200 - 280 nm	UVC		440 / 660 nm	Dust Optical Depth	29
10	200 - 310 nm	Hartley Band - O ₃		700 - 1100 nm	IR	30
11	300 - 345 nm	Huggins Band - O ₃		400 - 700 nm	VIS	31
12	440 nm	Dust Optical Depth				32
13	600 nm	Dust Optical Depth		non optical	T	
14	700 - 1100 nm	IR		non optical	T	
15	400 - 700 nm	VIS		non optical	T	
16	245 - 290 nm	UV Redundancy		non optical	T	
17	440 / 660 nm	Dust Optical Depth	Side 1	760 - 1100 nm	Solar	
18	700 - 1100 nm	IR		760 - 1100 nm	Solar	
19	400 - 700 nm	VIS				
20						
			Additional features			

Detección de Eclipses (Fobos y Deimos)



Fotodiodos de Si



Irradiancia Solar. Medida de las trazas de gases en la atmósfera

Image Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS

Eclipses de Fobos



Aspectos científicos:

a-1) Metodología y software desarrollados.

Objetivos:

1. Diseño de la estrategia observacional para detectar eclipses de Fobos.
2. Validación de los modelos orbitales y parámetros conectando Sistemas de Referencia involucrados
3. Método de determinación de coordenadas a partir de los datos de observación de eclipses

Aspectos científicos:

a-2) Aplicación en misiones a Marte pasadas y futuras:

4. Oportunidades de observación de Eclipses de Phobos con Mars Science Laboratory
5. Detectar eclipses de Fobos para la misión Metnet Precursor.
6. Análisis de datos de Viking del FMI

PHOBOS ECLIPSE BEGINNING (UTC) FOR THE MSL ELLIPSE LANDING SITE USING THE TEMPORAL CHRONOGRAM APPROACH.

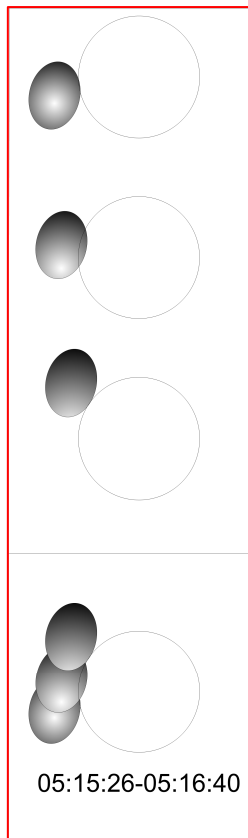
We compute the times in which the shadow pseudo-ellipse intersects the MSL landing ellipse.

2012		2013		2014	
Sept. 13	05:15	Aug. 13	21:32	Aug. 03	16:59
Sept. 16	09:56	Aug. 17	02:19	Aug. 04	15:50
Sept. 17	23:19	Aug. 19	08:25	Aug. 07	12:09
		Aug. 20	07:12	Aug. 08	11:00

Observational dates and times for the eclipses to occur over MSL landing ellipse applying the temporal chronogram approach in 2012, 2013 and 2014, when some point of the 25x20 landing ellipse border is within the shadow ellipse.

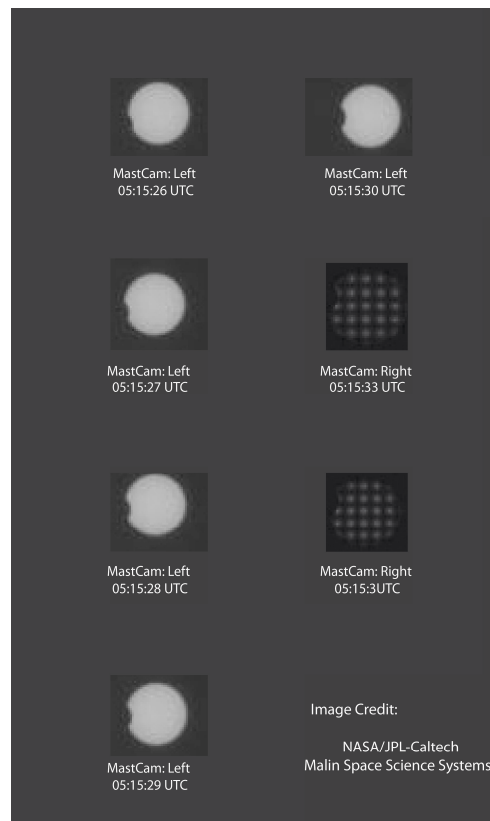
ECLIPSES OBSERVADOS

Eclipses del 13 y 17 Sept. 2012 han sido detectados por *Curiosity- MSL*

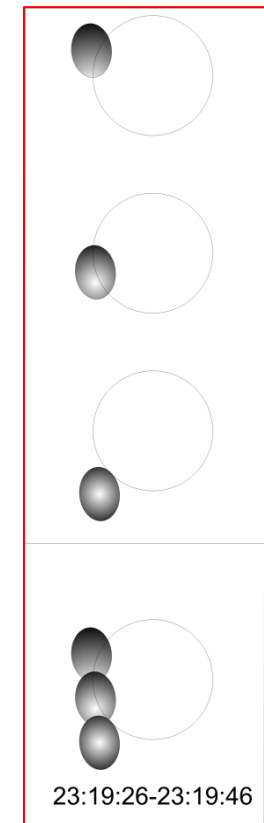


Sept. 13, 2012 solar eclipse
simulated views from:

- $\phi = 4.59^\circ \text{ S}$
- $\lambda = 137.44^\circ \text{ E}$



Raw Images of the Sept. 13, 2012 solar eclipse
(credit: NASA/JPL/Caltech/Malin Space Science Systems).

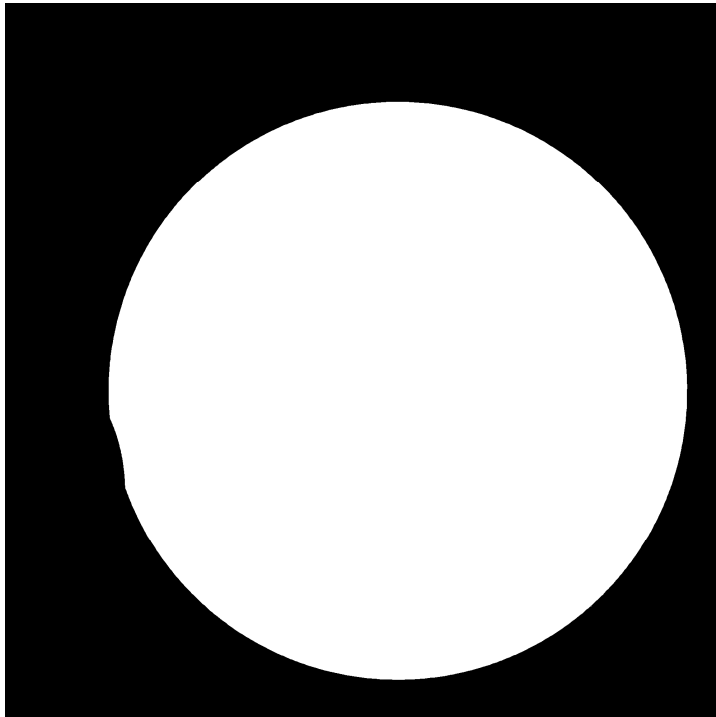


Sept. 17, 2012 solar eclipse
simulated views from:

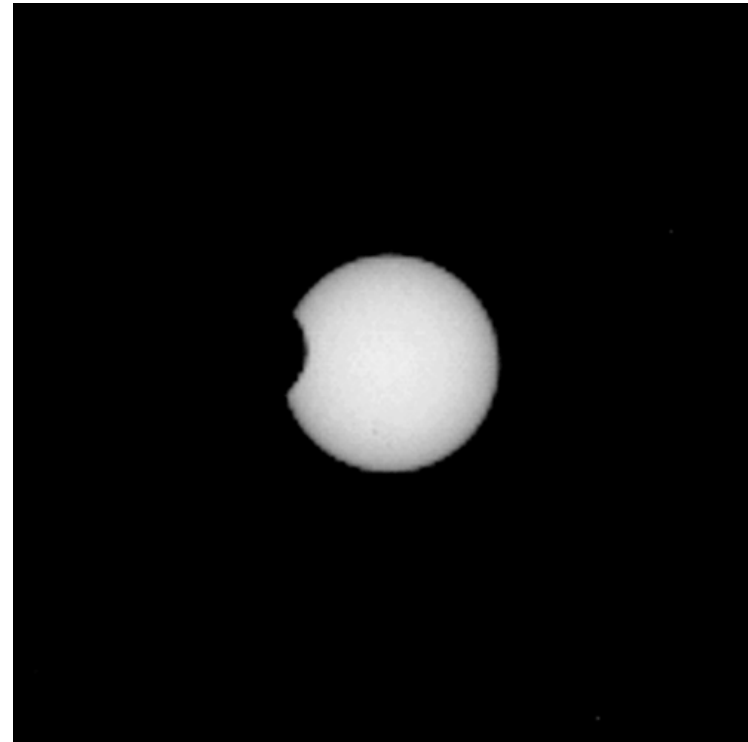
- $\phi = 4.59^\circ \text{ S}$
- $\lambda = 137.44^\circ \text{ E}$

Sept. 13, 2012 eclipse solar

Las predicciones para los instantes de contacto inicial y final concuerdan con la precisión de las observaciones al nivel de 1 s.



Créditos :Equipo de Estudios Geodésicos de Marte (Astronomía y Geodesia, UCM), composición de imágenes simuladas para el eclipse del día 13 de septiembre de 2012 siguiendo el modelo descrito en Barderas, Romero et al. (*).



Créditos :NASA/JPL-Caltech/MSSS, eclipse solar fotografiado el 13 de septiembre por la MSL.

(*) **G. Barderas, P. Romero L. Vazquez, J.L. Vazquez-Poletti, and I.M. Llorente. 2012.** Opportunities to observe solar eclipses by Phobos with the Mars Science Laboratory. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol 426,3195-3200. November 2012

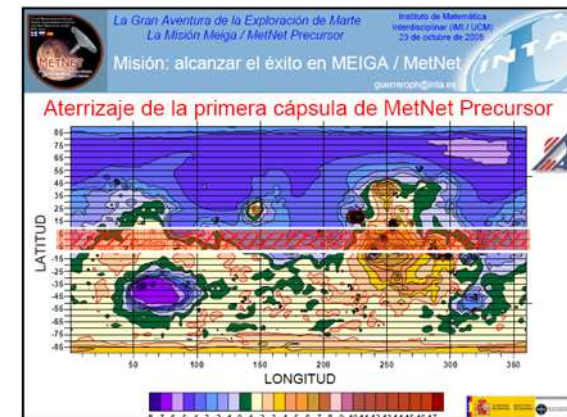
ESTRATEGIA PARA OBSERVAR TRANSITOS DE FOBOS en la misión MMPM

Table 2: Dates for observing eclipses in the band of latitude $\delta\varphi = \pm 5^\circ$.

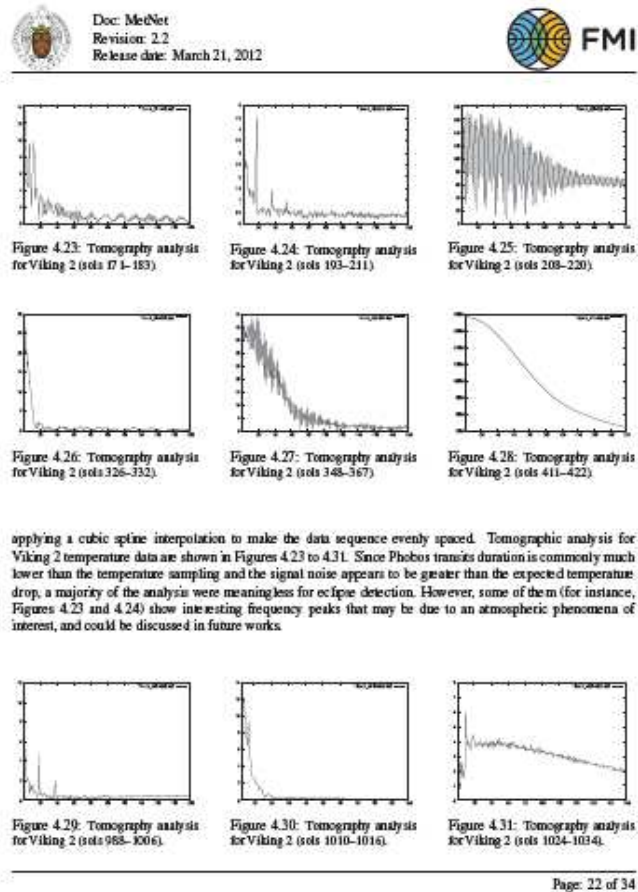
Year	Number of days	Starting date	Ending date	Cyclogram Start (UTC)
2011	26	07/Sept.	02/Oct.	04:19:39
2012	24	10/Sept.	04/Oct.	07:30:45
2013	29	23/July	21/Aug.	04:47:44
2014	23	02/Aug.	24/Aug.	01:48:44
2015	32	02/Jun.	03/July	03:46:36
2016	23	25/Jun.	17/July	01:41:46

DAYTIME during 1h with offsets of 7:657 h

Romero, P., Barderas, G., Vazquez-Poletti, J., Llorente, I., 2011. Spatial chronogram to detect Phobos eclipses on Mars with the MetNet Precursor Lander. Planetary and Space Science 59, 1542–1550 2011, Planetary and Space Science, 59, 1542.



Análisis de datos de Viking del FMI



Harri A., Schmidt W., Romero P., Vazquez L., Barderas G., Kempainen O., Aguirre C., Vazquez-Poletti J., Llorente I., Haukka H., Paton M., 2012. Phobos eclipse detection on Mars: theory and practice. In Reports 2012:2, Finnish Meteorological Institute.

Aplicaciones

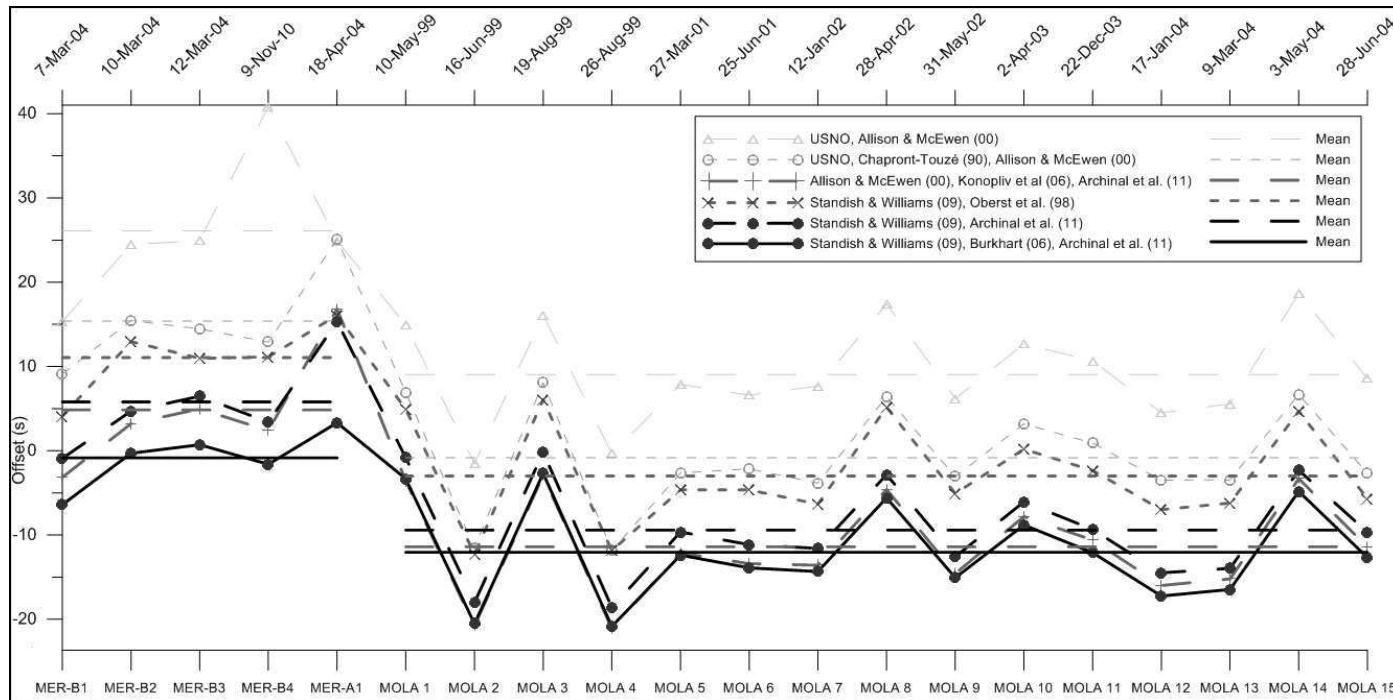
1. Validación de los modelos orbitales y parámetros que conectan los Sistemas de Referencia involucrados

2. Barderas, G., Romero, P., 2012. Observations of Phobos shadow: Analysis of parameters connecting Earth-Mars reference frames. Planetary and Space Science, 10.1016/j.pss.2012.06.008.

2. Método de determinación de coordenadas a partir de los datos de observación de eclipses

Barderas, G., Romero, P., 2012. Inverse Problem of Determining Mars Landers Coordinates Using Phobos Eclipse Observations. Planetary and Space Science, (aceptado)

VERIFICACION DE LOS PARAMETROS UTILIZADOS



- **MOLA: Oberst et al. (1998) and Standish and Williams (2009), mean offset less than 3s;**
- **MOLA: Chapront-Touzé (1990), Standish et al. (1992) and Allison and McEwen (2000), less than 1 s;**
- **MERs: Burkhardt (2006), Standish and Williams (2009) and Archinal et al. (2011), nearly null mean offset.**

Determinación de coordenadas a partir de los datos de observación de eclipses

El problema de determinar la latitud y la longitud de un observador mediante los datos temporales de observación de eclipses se corresponde a la inversión de:

$$\mathbf{M}(\varphi, \lambda, \mathbf{c}(t_i), \mathbf{d}) = (t_i, \Delta t_i)$$

Donde $\mathbf{c}(t_i)$ representan las efemérides del Sol y Fobos y \mathbf{d} sus modelos de tamaño y forma. t_i es el instante central del tránsito y Δt_i la duración, para los eclipses $i = 1, \dots, n$.

Se ha resuelto el problema no lineal de mínimos cuadrados sin restricciones asociado:

$$\min f(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [v_i(x)]^2 = \frac{1}{2} \|v_i(x)\|_2^2. \text{ con } v_i \text{ residuales.}$$

La búsqueda del mínimo se realiza mediante un proceso iterativo basado en el **método de Levenberg-Marquardt**:

$$(J^T(x_k)J(x_k) + \mu I)(x_{k+1} - x_k) = J^T(x_k)v(x_k)$$

donde J es la matriz jacobiana y μ el factor de amortiguamiento.

La convergencia del se acelera mediante un método de relajación por bloques.

$$\omega_j^{k+1} = \arg \min_{\omega_j \in \Omega_j} f(\omega_1^{k+1}, \omega_2^{k+1}, \dots, \omega_j, \dots, \omega_p^{k+1})$$

RESULTADOS NUMÉRICOS

Los resultados numéricos muestran como después de 4 días de observaciones, con un minuto de observaciones cada día para una incertidumbre en elipse de aterrizaje de 25x20 kilómetros, la posición de un módulo marciano puede limitarse a una elipse de **40x60 metros** para incertidumbres en la observación de eclipses de **1 segundo**. Si una precisión de **0.1 segundos** fuera posible, el posicionamiento podría restringirse a **20x15 metros**.

Numerical test to study the sensitivity of the observed contact times precision to the coordinate determination

Cyclic search	A prior error time 1 s				A prior error time 0.1 s			
Iterations	φ_i (deg)	$\varphi_i - \varphi_r$ (km)	λ_i (deg)	$\lambda_i - \lambda_r$ (km)	φ_i (deg)	$\varphi_i - \varphi_r$ (km)	λ_i (deg)	$\lambda_i - \lambda_r$ (km)
φ_0, λ_0	-4.6	10.324	137.5	13.261	-4.6	10.324	137.5	13.261
φ_0, λ_1	-4.6	10.324	137.28272	0.4238	-4.6	10.324	137.86528	0.6486
φ_1, λ_1	-4.40501	1.196	137.28272	0.4238	-4.40714	1.0698	137.28653	0.6486
φ_1, λ_2	-4.40501	1.196	137.27657	0.0601	-4.40714	1.0698	137.27460	0.0559
φ_2, λ_2	-4.42595	0.041	137.27657	0.0601	-4.42714	0.1119	137.27460	0.0559
φ_2, λ_3					-4.42714	0.1119	137.27531	0.0139
φ_3, λ_3					-4.42558	0.0193	137.27531	0.0139

φ_i and λ_i are the latitude and longitude in degrees, respectively, at the i iteration . $\varphi_i - \varphi_r$ and $\lambda_i - \lambda_r$ are their differences in kilometers with the coordinates to be retrieved, $\varphi_r = 4.42525$ S and $\lambda_r = 137.27555$ E.

REFERENCIAS

MODELIZACION DE LOS ECLIPSES DE FOBOS

- Barderas, G., Romero, P.,** 2012. Observations of Phobos shadow: Analysis of parameters connecting Earth-Mars reference frames. Planetary and Space Science, 10.1016/j.pss.2012.06.008.
- Barderas G., Romero P. and Vazquez L,** 2012. Phobos Eclipse Observation Opportunities with the Mars Science Laboratory, EPSC Abstracts, Vol. 7 EPSC2012-326. European Planetary Science Congress 2012.
- Harri A., Schmidt W., Romero P., Vazquez L., Barderas G., Kempainen O., Aguirre C., Vazquez-Poletti J., Llorente I., Haukka H., Paton M.,** 2012. Phobos eclipse detection on Mars: theory and practice. In Reports 2012:2, Finnish Meteorological Institute.
- Romero, P., Barderas, G., Vazquez-Poletti, J., Llorente, I.,** 2011. Spatial chronogram to detect Phobos eclipses on Mars with the MetNet Precursor Lander. Planetary and Space Science 59, 1542–1550.
- Vazquez-Poletti, J.L., Barderas, G., Llorente, I.M., Romero, P.,** 2010. A model for efficient onboard actualization of an instrumental cyclogram for the Mars Metnet mission on a public cloud infrastructure. In: PARA 2010: State of the Art in Scientific and Parallel Computing. Lecture Notes in Computer Science. Elsevier, 2010.
- G. Barderas, P. Romero L. Vazquez, J.L. Vazquez-Poletti, and I.M. Llorente. 2012.** Phobos Eclipse Observation Opportunities with the Mars Science Laboratory. Mon. Not. R. Astron. Soc.496, 3195-3200 (2012).

APLICACIONES DE LOS ECLIPSES DE FOBOS

- Bills, B., Neumann, G.A., Smith, D., Zuber, M.,** 2005. Improved estimate of tidal dissipation within Mars from MOLA observations of the shadow of Phobos. Journal of Geophysical Research 110 (E07004).
- Murray, B., Naraeva, M., Selivanov, A., Betts, B., Svitek, T., Kharlamov, V., Romanov, A., Santee, M., Gektin, X., Fomin, D., Paice, D., Panfilov, A., Crisp, D., Head, J., Murchd, S., Martin, T.,** 1991. Preliminary assessment of Termoskan observations of Mars. Planet Space Science 39, 237–265.
- Christou, A.A.,** 2002. Lander position determination on Mars using Phobos transits: application to Beagle 2. Planetary and Space Science 50, 781–788.
- Haberle, R.M.,** 1991. Atmospheric effects on the remote determination of thermal inertia on Mars. Icarus 90, 187–204.
- Willner, K., Oberst, J., Wählisch, M., Matz, K.D., Roatsch, T.,** 2007. Observations of Phobos and its shadow: implications for the Phobos orbit. In: SPP 1115 Colloquium 2007 (4 Colloquium).

Consideraciones Finales

- Entorno científico-tecnológico de MetNet es consecuencia de Curiosity-MSL. Participar en misiones futuras
- *“Tenemos proyectos porque hay instrumentos y misiones”.*
- *“Una misión puede fallar pero NO el haber creado un entorno de investigación”*
- **Entorno espacial es estratégico** para la Universidad: Interdisciplinar y transdisciplinar, globalizador, internacional, conexión natural con la industria.
 - www.rusiahoy.com/blogs/limites-cientificos
- **Consolidación del entorno de estudios marcianos.**



¡Muchas gracias!